

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Л.В. КРАМАРЕНКО

ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів за напрямом підготовки
0926 – „Водні ресурси“

Харків – ХНАМГ – 2008

УДК 628.345:541.183:543.22

Л.В.Крамаренко. Технологія очищення природних вод: Навчальний посібник. – Харків: ХНАМГ, 2008. – 145 с.

Гриф надано Міністерством освіти і науки України
(рішення №1.4/18-Г-2389 від 26.12.07 р.)

Навчальний посібник містить розгляд питань, що стосуються якості природних вод. На основі аналізу основних характеристик природних вод здійснено розрахунок технологічних схем покращення якісних показників поверхневих вод. Детально описано конструктивні особливості й принцип дії споруд, що входять до складу різних технологічних схем підготовки води для господарсько-питного водопостачання. Викладено методику розрахунку цих споруд, а також добір допоміжного обладнання до них.

Наведено результати досліджень та впровадження у практику очищення води методом магнітно-електричної активації, що дозволяє інтенсифікувати процеси очищення води в системах питного і промислового водопостачання.

Навчальний посібник може бути використаний при підготовці фахівців з технології очищення природних вод, при виконанні дипломних і курсових проєктів, а також для самостійної роботи студентів за напрямком підготовки – “Водні ресурси”.

Рис. – 34. Табл.– 9. Бібліогр. – 26 назв.

Рецензенти:

д.т.н., академік АН ВШ України, професор Харківського інституту міжрегіональної академії управління персоналом *Рябченко І.М.*;

д. т. н, професор Одеської державної академії будівництва та архітектури *Грабовський П.О.*;

д. т. н, професор Харківського державного університету будівництва та архітектури *Епоян С.М.*

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	6
Розділ 1. Характеристика джерел водопостачання. Вимоги до якості господарсько-питної води	7
1.1. Характеристика джерел водопостачання	7
1.2. Показники якості природних вод	10
1.3. Вимоги до якості господарсько-питної води	11
Контрольні запитання	15
Розділ 2. Домішки природних вод	16
2.1. Природна вода як один з основних компонентів навколишнього середовища	16
2.2. Гази в природних водах	17
2.3. Завислі речовини у воді	21
2.4. Органічні речовини у воді	22
2.5. Іонний склад природних вод	23
Контрольні запитання	27
Розділ 3. Методи і схеми підготовки води для питного водопостачання	28
3.1. Вибір методів очищення води на основі класифікації домішок по фазово-дисперсному стані	28
3.2. Технологічні процеси і методи обробки води	31
3.3. Класифікація технологічних схем водопідготовки	33
3.4. Складання висотної схеми очисних споруд	36
3.5. Компонування очисних споруд	38
Контрольні запитання	40
Розділ 4. Реагенти, що застосовуються для обробки питної води	41
4.1. Коагулянти	41
4.2. Флокулянти	44

4.3. Інші реагенти	46
Контрольні запитання	46
 Розділ 5. Технологічні схеми реагентного господарства	47
5.1. Приготування розчинів коагулянтів	47
5.2. Приготування флокулянтів	51
5.3. Приготування вапна	58
5.4. Послідовність введення реагентів	64
Контрольні запитання	66
 Розділ 6. Дозування реагентів	67
Контрольні запитання	70
 Розділ 7. Змішування реагентів з водою	71
7.1. Технологія змішування реагентів з водою	71
7.2. Дірчасті змішувачі	72
7.3. Перегородчасті й коридорні змішувачі	74
7.4. Вихрові (вертикальні) змішувачі	76
7.5. Змішування реагентів у трубопроводі	78
7.6. Механічні змішувачі	80
Контрольні запитання	83
 Розділ 8. Камери пластівцеутворення	84
8.1. Вплив режиму роботи камер пластівцеутворення на процес формування пластівців	84
8.2. Типи камер пластівцеутворення	87
8.3. Камери пластівцеутворення коловоротного типу, вмонтовані у вертикальні відстійники	88
8.4. Перегородчасті камери пластівцеутворення	90
8.5. Вертикальні камери пластівцеутворення	92

8.6. Механічні камери пластівцеутворення	95
Контрольні запитання	97
Розділ 9. Осадження домішок питної води	98
9.1. Типи відстійників і сфера їхнього застосування	98
9.2. Горизонтальні відстійники	100
9.3. Радіальні відстійники	106
9.4. Вертикальні відстійники	107
9.5. Спіральні, багатоярусні й тонкошарові відстійники	112
Контрольні запитання	115
Розділ 10. Поліпшення процесу осадження коагульованих домішок	117
10.1. Активування розчинів реагентів у процесах очищення води	117
10.2. Дослідження процесів осадження в горизонтальних відстійниках	120
Контрольні запитання	124
Список літератури	125
Додатки	127

ВСТУП

Цей навчальний посібник написаний відповідно до навчальної програми курсу «Технологія очищення природних вод» для студентів усіх форм навчання вищих закладів освіти.

Перші розділи посібника присвячені питанням якісної і кількісної оцінки показників вод поверхневих джерел, обґрунтування вибору технологічних схем очищення води, а також спорудам першого ступеня очищення води.

У посібнику наведено відомості, необхідні для проектування нових і реконструкції існуючих очисних споруд. Викладено основні теоретичні й практичні дані, що дають змогу студентам здобути знання для технічно грамотної експлуатації очисних споруд господарсько-питного водопроводу в сучасних умовах.

Розглянуто прогресивні рішення щодо осадження зважених речовин, які є присутніми у природних водах, за допомогою активованого розчину сульфату алюмінію.

Після кожного розділу наведено контрольні запитання для самоконтролю при самостійній роботі студентів у процесі вивчення теоретичного матеріалу курсу. У додатку до книги подаються довідкові дані, що полегшують її практичне використання.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ

ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ГОСПОДАРСЬКО-ПИТНОЇ ВОДИ

1.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Джерелами природних вод на землі є поверхневі й підземні води, а також **атмосферні опади**. Останні займають особливе місце в класифікації джерел водопостачання. Їх збирають у штучні споруди (резервуари-цистерни, ставки-водоймища, сніжники-котловани). За своїми особливостями вони близькі до поверхневих вод. Склад атмосферних вод визначається: чистотою атмосфери, кількістю опадів, що випали, умовами, що супроводжують їхнє випадання, гідрогеологічними властивостями ґрунтів басейну збору води, способом накопичення і їхнього збереження.

До **підземних вод** відносяться: верховоди, ґрунтові води, міжпластові, артезіанські, тріщинуваті, карстові. Склад підземних вод визначається головним чином умовами їхнього формування. Розрізняють:

- підземні води, мінеральний склад яких сформувався у процесі вилугування гірських порід;
- води, що потрапили в осадові породи у процесі утворення цих порід на дні морів і океанів. Вони близькі за складом до вод океанів;
- води, що утворилися при переході води зі зв'язаного стану у вільний під впливом високої температури і тиску.

До **поверхневих вод** належать води відкритих водойм: ріки, озера, моря, канали, льодовики, водоймища та ін. Їхній склад визначається кліматичними і геоморфологічними факторами (рельєф, форма, розмір басейну), ґрунтово-геологічними умовами (стан ґрунту і порід), агро- і гідротехнічними заходами, розвитком промисловості та ін. Часто поверхневі й підземні води з'єднуються між собою, що значно впливає на їхній хімічний склад.

Із загальної кількості води, що забирається в даний час з різних джерел з метою водопостачання різних об'єктів, близько 84 % приходить на поверхневі джерела і тільки 16 % – на підземні води.

Склад природних вод безупинно змінюється. Цьому сприяють процеси окислювання і відновлення, змішування вод різних джерел, осадження солей, що відбувається в результаті зміни тиску і температури, осадження і вимучування грубодисперсних часточок, іонообміну між опадами і водою, збагачення підземних вод деякими мікроелементами внаслідок біохімічних процесів.

Характерними рисами вод поверхневих джерел є висока каламутність (особливо в період весняного паводку), великий вміст органічних речовин, значна кольоровість, малий солевміст і невелика жорсткість (за винятком води морів і деяких озер).

Величезне значення для водопостачання мають ріки. Склад домішок річкових вод визначається характером їхнього живлення: поверхневе (забезпечується випаданням дощів, таненням снігу, льодовиків і т.п.); підземне (забезпечується в основному ґрунтовими водами).

Підземні води не містять зовсім або дуже мало завислих речовин. Вони, як правило, безбарвні, але часто мають підвищену жорсткість, відрізняються значним вмістом солей заліза та інших елементів, іноді сильно мінералізовані. Більшість підземних вод надійно захищені від попадання в них забруднених поверхневих стоків. Їхня кількість і якість у меншій мірі, ніж поверхневих вод, залежить від атмосферних опадів.

Класифікація поверхневих вод здійснюється за мутністю і кольоровістю. Залежно від кількості завислих речовин поверхневі джерела підрозділяються за каламутністю:

малокаламутні	$\leq 50 \text{ мг/дм}^3$,
середньої каламутності	$50 - 250 \text{ мг/дм}^3$,
каламутні	$250 - 1500 \text{ мг/дм}^3$,
висококаламутні	$> 1500 \text{ мг/дм}^3$.

Залежно від наявності гумусових речовин природні води розрізняють за кольоровістю:

малокольорові	$\leq 35 \text{ град ПКШ}$,
середньої кольоровості	$35 - 120 \text{ град ПКШ}$,

високої кольоровості > 120 град ПКШ.

Класифікація підземних вод також проводиться за окремими ознаками. *За характером залягання і гідравлічними ознаками:* ґрунтові, міжпластові, безнапірні й артезіанські води (міжпластові напірні води).

За ступенем мінералізації залежно від сумарного вмісту присутніх у воді речовин, що характеризуються сухим залишком:

прісні	дуже малої	< 100 мг/дм ³
	малої	100 – 200 мг/дм ³
	середньої	200 – 500 мг/дм ³
	підвищеної	500 – 1000 мг/дм ³
	високої	> 1000 мг/дм ³
мінералізовані		1 – 25 г/дм ³
з морською солоністю		25 – 50 г/дм ³
розсоли		> 50 г/дм ³

За температурою:

дуже холодні	нижче 0 °С ,
досить холодні	0 – 4 °С ,
холодні	4 – 20 °С ,
теплі	20 – 37 °С ,
гарячі	37 – 42 °С ,
досить гарячі	42 – 100 °С ,
дуже гарячі	вище 100 °С .

Підземні води також класифікують за запасами, способом утворення, за активною реакцією і хімічним складом.

У природних водах у великій кількості присутні сім основних іонів. Альокін О.А. запропонував класифікацію, в якій залежно від переважаючого аніона всі води підрозділяються на три великих класи:

– гідрокарбонатні (карбонатні) HCO_3^- , CO_3^{2-} ;

- сульфатні SO_4^{2-} ;
- хлоридні Cl^- .

Кожен клас за переважаючим катіоном поділяється на три групи:

- кальцієву Ca^{2+} ;
- магнієву Mg^{2+} ;
- натрієву Na^+ , K^+ .

У свою чергу, в групах розрізняють три типи вод, що характеризуються наступним співвідношенням:

- I $HCO_3^- > Ca^{2+} + Mg^{2+}$
- II $HCO_3^- < Ca^{2+} + Mg^{2+} < HCO_3^- + SO_4^{2-}$,
- III $HCO_3^- + SO_4^{2-} < Ca^{2+} + Mg^{2+}$

Класифікація Альокіна О.А. дозволяє з'ясувати походження природних вод і охарактеризувати їхні властивості. *При виборі належної схеми очищення води насамперед треба з'ясувати якість води даного джерела.*

1.2. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД

Якість води – це сукупність фізичних, хімічних, біологічних і бактеріологічних показників, що обумовлюють придатність води для використання в побуті, промисловості та інших сферах.

Мета визначення якості природних вод - вибір методу обробки води і відповідно до цього технологічної схеми; визначення джерел забруднення.

Показники якості води підрозділяються на фізичні, хімічні й санітарно-бактеріологічні.

До *фізичних показників* відносяться температура, вміст завислих речовин, кольоровість, запахи і присмаки.

Хімічний склад води звичайно характеризують іонним складом, твердістю, лужністю, окислюванню, рН, сухим і прожареним залишком, загальним солевмістом і т.п.

Санітарно-бактеріологічні показники – це загальний вміст бактерій у 1 дм³, число бактерій групи кишкової палички, число термостабільних кишкових паличок, патогенних мікроорганізмів, коліфагів, число патогенних кишкових найпростіших і число кишкових гельмінтів.

1.3. ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ГОСПОДАРСЬКО-ПИТНОЇ ВОДИ

Багатовікова теорія і практика охорони здоров'я визнає тільки один критерій безпеки питної води – її багаторічне, протягом декількох поколінь, вживання без яких-небудь негативних наслідків, що виявляються вірогідно, для фізичного і розумового розвитку людини. У зв'язку з цим якість води господарсько-питного призначення в Україні регламентується спеціальним документом ДержСанПіНом «Вода питна, гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання».

Вода як рідина володіє унікальними властивостями, не властивим ніяким іншим рідинам. Саме ці властивості лежать в основі всього біологічного життя на Землі. Високі розчинні властивості води приводять до того, що в природі не існує абсолютно чистої води. Розчинені в ній речовини формують її смак, запах, прозорість. Людина здавна вживала воду, характерну для місця її проживання. Якщо вода не містила токсичних речовини, то до інших компонентів питної води організм людини біохімічно адаптувався і повністю використовував її властивості. Необхідність такої адаптації негативно виявляється при масовій міграції людей у наш час. Вірогідно відомим є факт, що при зміні регіону проживання сформований організм дорослої людини піддається ризикові захворювань від зміни якості питної води.

Які ж конкретно вимоги повинні дотримуватися на міському водопроводі? Гігієнічні вимоги до якості питної води містять у собі мікробіологічні паразитологічні показники безпеки, токсикологічні показники нешкідливості хімічного складу, органолептичні показники, показники радіаційної безпеки, фізіологічної повноцінності мінерального складу (табл. 1.1 - 1.6).

Таблиця 1.1 – Мікробіологічні показники безпеки питної води

№ п/п	Найменування показників	Одиниця виміру	Нормативи
1	2	3	4
1	Число бактерій у 1 дм ³ досліджуваної води (ЗМЧ)	Колонії одиниці, що утворилися, (мікроорганізми)/дм ³ КУО/дм ³	Не більше 100
2	Число бактерій групи кишкових паличок (коліформних організмів) у 1 дм ³ досліджуваної води (індекс БГКП)	Колонії одиниці, що утворилися, (мікроорганізми)/дм ³ , КУО/дм ³	Не більше 3
3	Число термостабільних кишкових паличок (фекальних коліформ індекс ФК) у 100 см ³ досліджуваної води	Колонії одиниці, що утворилися, (мікроорганізми)/100 см ³ КУО/100 дм ³	Відсутність
4.	Число патогенних мікроорганізмів у 1 дм ³ досліджуваної води	Колонії одиниці, що утворилися, (мікроорганізми)/дм ³ КУО/дм ³	Відсутність
5	Число коліфагів у 1 дм ³ досліджуваної води	Бляшкоутворюючі одиниці/дм ³ , БУО/дм ³	Відсутність

Таблиця 1.2 – Паразитологічні показники безпеки питної води

№ п/п	Найменування показників	Одиниця виміру	Нормативи
1	Число патогенних кишкових найпростіших у 25 дм ³ досліджуваної води	(Клітини, цисти) / 25 дм ³	Відсутність
2	Число кишкових гельмінтів у 25 дм ³ досліджуваної води	(Клітини, яйця, личинки) / 25 дм ²	Відсутність

Таблиця 1.3 – Токсикологічні показники нешкідливості хімічного складу питної води

№ п/п	Найменування показників	Одиниця виміру	Нормативи, не більше	Клас безпеки
Неорганічні компоненти				
1	Алюміній	мг/дм ³	0,2 (0,5)	2
2	Барій	мг/дм ³	0,1	2
3	Миш'як	мг/дм ³	0,01	2
4	Селен	мг/дм ³	0,01	2
5	Свинець	мг/дм ³	0,01	2
6	Нікель	мг/дм ³	0,1	3
7	Нітрати	мг/дм ³	45,0	3
8	Фтор	мг/дм ³	1,5	3
Органічні компоненти				
1	Тригалометани (ТГМ, сума)	мг/дм ³	0,1	2
	Хлороформ	мг/дм ³	0,06	2
	Дибромхлорметан	мг/дм ³	0,01	2
	Тетрахлорвуглець	мг/дм ³	0,002	2
2.	Пестициди (сума)	мг/дм ³	0,0001	*
Інтегральні показники				
1.	Окислюваність (КМ и О ₄)	мг/дм ³	4,0	-
2.	Загальний органічний вуглець	мг/дм ³	3,0	-

Примітка: * - перерахування контрольних пестицидів установлюють з урахуванням конкретної ситуації.

Таблиця 1.4 – Органолептичні показники якості питної води

№ п/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи, не більше	Клас безпеки
1	Запах	ПР	2	-
2	Присмак	ПР	2	-
3	Каламутність	НОМ	0,5 (1,5)	-
4	Кольоровість	град	20 (35)	-
5	рН	одиниці	6,5 – 8,5	-
6	Мінералізація загальна (сухий залишок)	мг/дм ³	1000 (1500)	-
7	Жорсткість загальна	мг-екв/дм ³	7 (10)	-
8	Сульфати	мг-екв/дм ³	250 (500)	4
9	Хлориди	мг/дм ³	250 (350)	4
10	Мідь	мг/дм ³	1,0	3
11	Марганець	мг/дм ³	0,1	3
12	Залізо	мг/дм ³	0,3	3
13	Хлорфеноли	мг/дм ³	0,0003	4

Примітки: ПР – показник розведення води (до зникнення запаху, присмаку);

НОМ – нефелометричні одиниці каламутності.

Таблиця 1.5 – Показники радіаційної безпеки питної води

№ п/п	Найменування показників	Одиниця виміру	Нормативи, не більше
1	Загальна об'ємна активність α -випромінювачів	Бк/дм ³	0,1
2	Загальна об'ємна активність β -випромінювачів	Бк/дм ³	1,0

Таблиця 1.6 – Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води

№ п/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Рекомендовані значення
1	Мінералізація загальна	мг/дм ³	не менше 100,0 не більше 1000,0
2	Жорсткість загальна	мг-екв/дм ³	не менше 1,5 не більше 7,0
3	Лужність загальна	мг-екв/дм ³	не менше 0,5 не більше 6,5
4	Магній	мг/дм ³	не менше 10,0 не більше 80,0
5	Фтор	мг/дм ³	не менше 0,7 не більше 1,5

Безпека питного водопостачання є однією з головних складової безпеки населення України. Тому відбувається постійний процес удосконалення санітарних нормативів з питної води.

Контрольні запитання

1. Які джерела природних вод на планеті?
2. Назвіть характерні риси підземних вод.
3. Характерні риси поверхневих джерел водопостачання.
4. За якими показниками класифікують поверхневі джерела водопостачання?
5. За якими показниками класифікують підземні джерела водопостачання?
6. Наведіть класифікацію Альокіна О.А.
7. Які показники якості природних вод?
8. Яким документом регламентується якість господарсько-питної води на Україні?
9. Назвіть основні показники безпеки питної води.
10. Які категорії показників якості води включені до гігієнічних вимог?

РОЗДІЛ 2. ДОМІШКИ ПРИРОДНИХ ВОД

2.1. ПРИРОДНА ВОДА ЯК ОДИН З ОСНОВНИХ КОМПОНЕНТІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Природна вода являє собою багатокomпонентну динамічну систему, до складу якої входять: гази, мінеральні й органічні речовини, що перебувають в істинно розчиненому, колоїдному, зваженому стані, а також мікроорганізми.

У вигляді іонів, недисоційованих молекул, колоїдних і завислих часточок у природних водах міститься понад п'ятдесят елементів, однак тільки деякі з них зустрічаються у значній кількості.

З розчинених газів у природних водах найбільш важливими для оцінки якості води є: вуглекислий газ (CO_2), кисень (O_2), сірководень (H_2S), азот (N_2) і метан (CH_4).

З речовин, дисоційованих у водних розчинах на іони, у воді розчиняється більшість мінеральних кислот і гідроксидів. Найбільш часто в природних водах зустрічаються: гідрокарбонати, хлориди, сульфати лужноземельних і лужних металів, нітрати, нітроти, силікати, фториди, фосфати та ін.

Наявність у воді завислих речовин свідчить про її забруднення твердими домішками (часточками глини, піску, мулу, водоростями та іншими речовинами мінерального й органічного походження).

Значним постачальником органічних речовин у природній воді є гумус, продукти життєдіяльності і розкладання рослинних і тваринних організмів, стічні води.

Забруднення води мікроорганізмами залежить від походження і характеру джерела. Найбільш чистими в цьому відношенні є артезіанські води. Особливо піддаються забрудненню мікроорганізмами поверхневі води, тому використання їх у неочищеному вигляді становить велику небезпеку в зв'язку з можливістю виникнення і поширення інфекційних захворювань.

2.2. ГАЗИ В ПРИРОДНИХ ВОДАХ

Вміст газів у воді багато в чому залежить від природи, парціального тиску газу, температури, складові водного середовища та ін.

Розчинність газу у воді обчислюють за формулою

$$C = K \cdot p, \quad (2.1)$$

де K – коефіцієнт пропорційності, рівний розчинності газу у воді при даній температурі і парціальному тиску 0,1 МПа;

p – парціальний тиск газу, МПа.

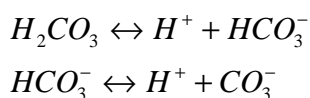
Розчинений кисень надходить з атмосферного повітря, а також утворюється в результаті фотосинтезу водоростями органічних речовин. Вміст кисню у воді зменшується в результаті протікання процесів окислювання органічних речовин і споживання його живими організмами при диханні. Різке зниження вмісту кисню у воді свідчить про її забруднення.

Кисень сприяє посиленню корозії. При підвищеному вмісті кисню, навпаки, відбувається зниження корозійної активності внаслідок пасивації поверхні за рахунок утворення оксидних плівок, тобто можливе усунення корозії.

Розчинений вуглекислий газ – це ангідрид дуже слабкої вугільної кислоти. Його присутність у прісних природних водах обумовлюється біохімічними процесами окислювання органічних речовин, а також диханням водних організмів і виділенням цього газу при геохімічних процесах.

Вугільна кислота зустрічається в таких формах: у формі недисоційованих молекул H_2CO_3 , гідрокарбонатів HCO_3^- , карбонатів CO_3^{2-} .

Форму, у якій знаходиться вугільна кислота, визначають за *константами дисоціації* розрахованими на загальний вміст CO_2 і H_2CO_3 . Для цього треба знати значення констант дисоціації і концентрації будь-яких двох іонів, що входять у рівняння дисоціації:



$$K_1 = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$$

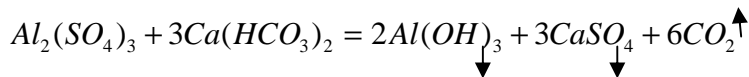
$$K_2 = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]}$$

та, зв'язана вугільна кислота.

Вільна вугільна кислота – це сума вугільної кислоти (H_2CO_3) і вуглекислого газу (CO_2). Оскільки концентрація недисоційованих молекул вугільної кислоти складає частку відсотка від загальної кількості вугільної кислоти, то приймають концентрацію вуглекислого газу.

У поверхневих джерелах концентрація вуглекислого газу складає 20-30, у підземних немінералізованих джерелах - 40 мг/дм³.

Підвищення вмісту вільної вугільної кислоти у воді звичайно спостерігається при очищенні води коагуляцією, оскільки введення кожного 1 мг сульфату алюмінію або хлориду заліза супроводжується виділенням 0,8 мг CO_2 :



Зв'язана вугільна кислота – це кислота, що входить до складу гідрокарбонатів і карбонатів. Однак вміст карбонатів у природних водах невеликий, що пояснюється малою розчинністю карбонату кальцію. Тому під зв'язаною (напівзв'язаною) вугільною кислотою розуміють кислоту, що входить до складу гідрокарбонатів. Вміст їх у воді обумовлює лужний резерв (*лужність*) води.

Загальна лужність – це сума гідроксильних іонів OH^- і аніонів слабких кислот, наприклад, вугільної кислоти.

Оскільки в більшості природних водах переважають карбонати, звичайно розрізняють *гідрокарбонатну* і *карбонатну лужність*.

При деяких прийомах обробки води і при значенні рН більше 8,5 може виникати *гідратна лужність*.

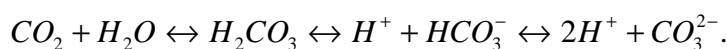
Загальну лужність, $Щ$, визначають за формулою:

$$Щ = [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] + [OH^-] + [BO_2^-] + [H_2PO_4^-] + 2[HPO_4^{2-}] + 3[PO_4^{3-}] + [HS^-] + [HSiO_3^-] + [Гумати] - [H^+]. \quad (2.2)$$

Цей показник, що визначає буферну ємність води, має велике значення в хімічній технології приготування води. *Буферна ємність води* – це сума вуглекислого газу і гідрокарбонатів.

Із солей найбільш поширені в природних водах гідрокарбонати.

Різні форми вугільної кислоти у водних розчинах зв'язані динамічною вуглекислотною рівновагою:



При наявності іонів Ca^{2+} вуглекислотне рівняння перетворюється в

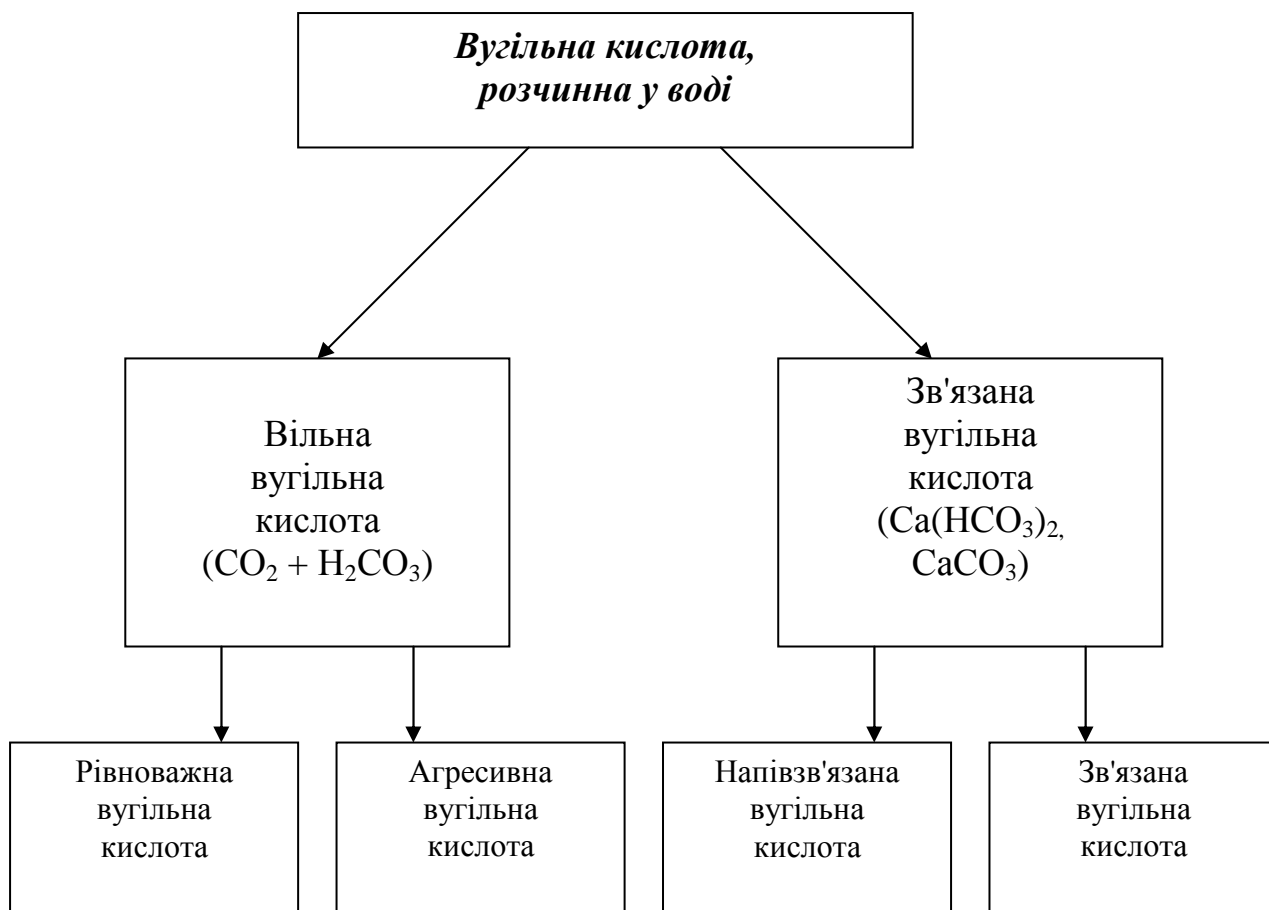


Рис. 2.1 – Склад форм вугільної кислоти, що міститься в природній воді

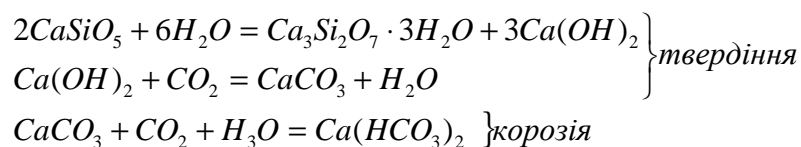
На рис. 2.1 представлений склад форм вугільної кислоти, що міститься в природній воді.

Рівноважна вугільна кислота – це частина вугільної кислоти, що знаходиться в рівновазі з гідрокарбонатами, тобто вона зв'язана з гідрокарбонатами і не вступає в хімічні реакції.

Агресивна вугільна кислота – це надлишок вугільної кислоти, що перевищує рівноважну концентрацію. Вона здатна вступати в реакцію з карбонатом кальцію, розчиняючи його.

Присутність у воді агресивної вугільної кислоти може погіршувати роботу очисних споруд за рахунок посиленого заростання відстійників синьо-зеленими водоростями і засмічення фільтрів пухирцями газу.

Дія агресивної вугільної кислоти на бетон полягає у розчиненні карбонату кальцію, що утворюється при твердінні бетону, і переході його в добре розчинний гідрокарбонат:



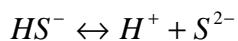
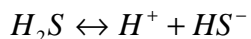
Розчинення $CaCO_3$ порушує рівновагу і призводить до розкладання інших компонентів цементу.

Аналогічно впливає вугільна кислота на металеві труби. Спочатку в ній розчиняються карбонати, що є складовою частиною іржаво-карбонатних відкладень у водогпровідній мережі, потім матеріал труб піддається електрохімічній корозії з утворенням нових відкладень.

Сірководень зустрічається переважно в підземних джерелах, утворюється в результаті процесів відновлення і розкладання деяких мінеральних солей (гіпсу, сірчаного колчедану). У поверхневих джерелах він майже не зустрічається, тому що легко окисляється. Його поява у воді є ознакою протікання гнильних процесів або скидання неочищених стічних вод.

Залежності від значення рН крім розчиненого сірководню у воді можуть зустрічатися іони: HS^- , S^{2-} .

Форму сірководню, можна визначити за константою дисоціації:



$$K_1 = \frac{[H^+][HS^-]}{[H_2S]}; K_2 = \frac{[H^+][S^{2-}]}{[HS^-]}$$

Наявність у воді сірководню надає їй неприємний запах, що відчувається вже при концентрації, рівній $0,5 \text{ мг/дм}^3$. Сірководень інтенсифікує процес корозії трубопроводів і викликає їхнє заростання внаслідок розвитку сіркобактерій.

Азот. Його поява пов'язана з впливом декількох факторів:

- поглинанням з повітря;
- відновленням з'єднань азоту денітрифікуючими бактеріями;
- розкладанням органічних залишків.

Розчинність азоту у воді значно менше, ніж кисню, однак у зв'язку з високим парціальним тиском азоту в повітрі, у природних водах його більше, ніж кисню.

Метан. Найчастіше зустрічається в підземних водах. Його наявність у воді обумовлюється розкладанням мікроорганізмами клітковини рослинних залишків. У поверхневій воді метан попадає в результаті скидання неочищених стічних вод. У природній воді вміст метану може досягати значення 30 мг/дм^3 .

2.3. ЗАВИСЛІ РЕЧОВИНИ У ВОДІ

Завислі речовини попадають у воду в результаті змиву твердих часточок (глини, піску, мулистих речовин) верхнього шару землі дощами або талими водами, розмиву русла річок.

Мінімальна каламутність у поверхневих джерелах спостерігається взимку, коли вони вкриті льодом, максимальна – у весняний паводок і влітку при випаданні дощів.

Підвищення каламутності може бути викликано виділенням карбонатів, гідроксидів алюмінію, марганцю, високомолекулярних органічних домішок гумусового походження, появою фіто-, зоопланктону, окислюванням сполучень Fe^{2+} киснем повітря, скиданням неочищених промислових стічних вод.

Зважені речовини мають різний гранулометричний склад, який характеризується *гідравлічною крупністю*, що виражається як швидкість осадження часточок при температурі 10°C у нерухомій воді.

У степових районах вміст зважених речовин у річках коливається в межах $50\text{-}500\text{ мг/дм}^3$.

2.4. ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ У ВОДІ

Найбільшим постачальником органічних речовин у природну воду є ґрунтовий і торф'яний гумус, продукти життєдіяльності і розкладання рослинних і тваринних організмів, побутові й виробничі стічні води.

Гумусові речовини становлять найбільшу цікавість для теорії очищення природних вод. Вони забарвлюють воду в різні відтінки жовтого і бурого кольорів. Ці речовини являють собою високомолекулярні з'єднання, що містять плоскі сітки циклічно полімеризованого вуглецю і бічні ланцюги лінійно полімеризованого вуглецю з атомними групами (водень, кисень та ін.) і функціональними групами (гідроксильні й карбоксильні).

Гумусові речовини поділяють на такі групи: гумінові, ульмінові, кренові, фульвокислоти та інші кислоти й розчинні солі. За фізико-хімічними властивостями ці групи істотно розрізняються між собою.

Гумінові кислоти розчиняються в розчинах аміаку і лугів, при підкисленні лужних розчинів. Вони утворюють осад у вигляді темних пластівців. Гумати лужних металів і амонію добре розчинні у воді, гумати кальцію, заліза й алюмінію є малорозчинними.

Фульвокислоти легко розчиняються у воді і лугах, легко утворюють з натрієм, калієм, амонієм, кальцієм і двовалентним залізом розчинні у воді солі. Солі алюмінію і тривалентного заліза є малорозчинними.

Колоїдні речовини, що обумовлюють кольоровість води, найчастіше мають негативні заряди.

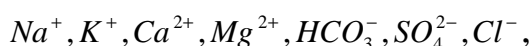
Кольоровість – це ступінь пофарбування природних вод, що виражається у градусах платиново-кобальтової шкали (град ПКШ).

У зв'язку з тим, що групи водного гумусу відрізняються за своїми фізико-хімічними властивостями, їх відносний кількісний вміст у воді може впливати на хід процесу її очищення. Органічні речовини ускладнюють реагентне пом'якшення води, оскільки ряд органічних колоїдів сорбується на частинках, що утворилися при реагентному пом'якшенні осадів карбонату кальцію і гідроксиду магнію. Це утрудняє їхнє укрупнення та осадження. Тому в таких випадках виникає необхідність використовувати спеціальні методи очищення води від органічних речовин.

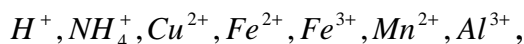
Наявність у воді органічних речовин різко погіршує її органолептичні показники, викликаючи різні запахи, присмаки, підвищену кольоровість, впливає на організм людини і тварин.

2.5. ІОННИЙ СКЛАД ПРИРОДНИХ ВОД

У більшості випадків природні води містять наступні іони:



катіони:



та аніони:



У природній воді зустрічаються в незначній кількості, але їхній вплив на властивості і якість води іноді також дуже великий.

За вмістом іонів (солей) у воді визначають *загальний ступінь мінералізації*, M , за наступною формулою:

$$M = \sum \text{катіонів} + \sum \text{аніонів}, \text{ мг/дм}^3.$$

Для перевірки правильності обчислення ступеня мінералізації, результати перераховують у мг-екв/дм³. При цьому сума концентрацій катіонів повинна дорівнювати сумі концентрацій аніонів:

$$\frac{Ca^{2+}}{20,04} + \frac{Mg^{2+}}{12,16} + \frac{Na^{+}}{23,0} + \frac{K^{+}}{39,0} + \dots = \frac{SO_4^{2-}}{48,03} + \frac{Cl^{-}}{35,46} + \frac{HCO_3^{-}}{61,03} + \frac{SiO_3^{2-}}{38,03} + \dots$$

Про вміст у природній воді солей судять за кількістю таких показників: сухого залишку, втрати маси при прожарюванні.

Основними хімічними домішками річкових вод (з кількістю розчинених солей 500-600 мг/дм³) є катіони Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} і аніони HCO_3^{-} , SO_4^{2-} , Cl^{-} . Мало-мінералізовані води річок містять переважно іони Ca^{2+} , HCO_3^{-} .

Підземні води різноманітні за хімічним складом. Ступінь мінералізації залежить від умов залягання водоносного шару, коливається від 100-200 мг/дм³ до декількох міліграм у літрі.

У прісних артезіанських водах переважають іони Ca^{2+} , HCO_3^{-} . У міру підвищення ступеня мінералізації зростає відносний вміст іонів натрію, сульфатів, хлоридів.

Вміст солей у водах океанів і морів досягає 50 г/дм³ і більше. Основними домішками є Na^{+} , Cl^{-} , що складають у сумі близько 30 мг/дм³. Вміст солей у водах внутрішніх морів значно менший.

У природних водах знаходяться іони, а не молекули солей. Проте в деяких випадках технологів більше цікавить визначення передбачуваного складу солей, що допомагає виявити певні властивості води, які мають значення для процесу водопідготовки. В основу визначення складу солей можуть бути покладені різні принципи. Для процесу очищення води доцільно одержати склад солей, які послідовно утворюють малорозчинні з'єднання зі збільшенням рН води. Цей прийом використовують в багатьох процесах водопідготовки (пом'якшення вапном або вапном із содою, знезалізоване аерацією або вапнуванням та ін.).

Діаграму передбачуваного складу солей будують у вигляді трьох рівних смуг, що примикають одна до одної (рис 2.2). На верхній смузі відкладають зліва на право в масштабі вміст катіонів у воді в порядку зростання основних властивостей. На нижній смузі в тому ж масштабі зліва праворуч відкладають аніони в порядку зростання кислотних властивостей. На середній смузі за сполученням катіонів і аніонів визначають передбачуваний склад солей. Слід пам'ятати, що масштаб на середній смузі в два рази менше, ніж на верхній і нижній смугах.

Fe^{2+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^{+} + K^{+}$
	$Ca(HCO_3)_2$	$MgSO_4$	
HCO_3^{-}	SO_4^{2-}	Cl^{-}	
$Fe(HCO_3)_2$	$Mg(HCO_3)_2$	$NaCl + KCl$	$Na_2SO_4 + K_2SO_4$

Рис.2.2 – Діаграма передбачуваного складу солей

Концентрації катіонів і аніонів виражають в мг-екв/дм³. Ця діаграма враховує, що при рН = 5-6 відбувається виділення осаду $Fe(OH)_3$, при величині рН $\approx 8,5$ осаджується гідрат оксиду заліза, при рН = 8,5-9 – карбонат кальцію, а при рН > 10-10,3 – гідроксид магнію.

Іони натрію і калію попадають у природну воду в результаті розчинення корінних порід, наприклад, відкладів повареної солі. Переваги іона натрію над іоном калію пояснюється великим поглинанням іона калію ґрунтом і вилученням його з води рослинами.

Іони кальцію і магнію присутні у всіх мінералізованих водах. Їхнім джерелом є природні відклади вапняків, гіпсу, доломітів. У маломінералізованих

водах більше всього іонів кальцію. Сума іонів кальцію і магнію обумовлює жорсткість води.

Загальна жорсткість – це сума карбонатної (тимчасової) і некарбонатної (постійної) жорсткості.

Карбонатна жорсткість обумовлюється присутністю у воді в основному гідрокарбонатів кальцію і магнію. Вона майже повністю усувається кип'ятінням води, під час якого відбувається розпад гідрокарбонатів з утворенням вугільної кислоти. При цьому в осад випадають карбонат кальцію і гідроксид магнію.

Некарбонатна жорсткість обумовлюється присутністю кальцію і магнію, солей сірчаної, соляної та азотної кислот. При кип'ятінні цей вид жорсткості не усувається.

Незважаючи на те, що іони кальцію і магнію не завдають особливої шкоди живим організмам, наявність їх у воді у великій кількості небажана, тому що така вода є не придатною для господарського призначення. У жорсткій воді збільшується витрата мила, повільно розварюються м'ясо й овочі. Тверда вода не придатна для оборотного водопостачання, для живлення парових котлів та ін.

Іони заліза (II) і заліза (III), марганцю в істинно розчиненому вигляді знаходяться в дуже невеликих кількостях. Велика частина заліза і марганцю в природних водах утримується у вигляді колоїдів і суспензій. У підземних водах переважають сполучення заліза і марганцю у вигляді гідрокарбонатів і хлоридів, у поверхневих водах – у вигляді органічних комплексних сполучень або високодисперсної суспензії.

Не справляючи в невеликих кількостях шкідливого впливу на здоров'я людини, залізо і марганець додають воді неприємного червоно-коричневого або бурого забарвлення, погіршують її смак, викликають розвиток феробактерій, відкладення осаду в трубопроводах і їх засмічення.

З'єднання азоту зустрічаються у природній воді у вигляді катіонів амонію, нітритних і нітратних аніонів. Поява цих іонів у воді пов'язана з розкладанням складних різних органічних речовин тваринного і рослинного походження, а також з розкладанням білкових речовин, що попадають у водойми з побутовими стічними водами. Вміст азоту амонійних солей у річковій воді залежно від ступеня її забруднення коливається від 0 до 1 мг/дм³.

Вміст **аніонів хлору і сульфатів** у природній воді коливається від часток міліграма до декількох грамів у літрі й обумовлений вимиванням солевмісних порід або скиданням у водойми промислових і побутових стічних вод. Наявність у воді більше 500 мг/дм³ сульфатів або 350 мг/дм³ хлоридів призводить до порушення діяльності шлунково-кишкового тракту в людини.

Сполучення фосфору зустрічаються у природних водах у невеликій кількості у вигляді гідрофосфат іону, органічних комплексів ортофосфорної кислоти або завислих речовин.

У природних водах в дуже малій кількості утримуються **іони фтору, бром, йоду, оксиду бору**. Ці мікроелементи значно впливають на здоров'я людини. Недостатня кількість або надлишок фтору призводять до проблем із зубами і змін у кістках. Недостатня кількість йоду спричиняє захворювання щитовидної залози.

До складу природних вод можуть також входити іони радіоактивних елементів, важкі метали (мідь, свинець, стронцій, цинк, селен, миш'як), що відбувається в результаті скидання неочищених промислових і побутових стічних вод.

Контрольні запитання

1. Які складові містить у собі природна вода?
2. Чим характеризується кожна з цих складових?
3. Які гази переважають у природній воді?
4. В яких формах зустрічається вугільна кислота у воді?
5. Назвіть завислі речовини як одну із складових компонентів природної води.
6. Органічні речовини як одна із складових компонентів природної води.

7. Який іонний склад природних вод?
8. Охарактеризуйте побудову діаграми

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ І СХЕМИ ПІДГОТОВКИ ВОДИ ДЛЯ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

3.1. ВИБІР МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ НА ОСНОВІ КЛАСИФІКАЦІЇ ДОМІШОК ЗА ФАЗОВО-ДИСПЕРСНИМ СТАНОМ

Необхідність очищення води від забруднень виникає тоді, коли якість води природних джерел не задовольняє вимоги споживача. Невідповідність якості води джерела вимогам споживача визначає вибір методів обробки води. В основу вибору методу обробки води покладено зіставлення якості води в джерелі і необхідних її показників для споживача. Під обробкою води розуміють не тільки її очищення від небажаних і шкідливих домішок, але й поліпшення природних властивостей шляхом збагачення її відсутніми інгредієнтами.

Найбільш загальними і характерними ознаками забруднюючих воду речовин (за Л. А. Кульським) є *форми їхнього перебування у воді*. Тому в основу принципу угруповання домішок і технологічних прийомів водоочищення Л.А. Кульським покладено *поняття про їхній фазово-дисперсний стан у воді*. Цей стан певною мірою характеризується дисперсністю речовин і визначає закономірності, яким підкоряються процеси, що протікають у водному середовищі. Такий принцип дозволяє об'єднати в кілька груп різноманітні за хімічними і фізичними характеристиками домішки природних, технічних і стічних вод і дати наукове обґрунтування технологічним прийомам водообробки. Вихідні його положення можна сформулювати так:

1. Фазово-дисперсний стан домішок води обумовлює їх поведінку в процесі водообробки.

2. Кожному фазово-дисперсному станові домішок відповідає така сукупність методів впливу, яка дозволяє досягти необхідних якісних показників води зміною цього стану або без його зміни.

На цій основі все різноманіття забруднень (домішок) природних і промислових вод об'єднано в **чотири групи** із загальним для кожної групи набором методів водоочищення, зумовленими формою перебування домішок у воді.

В основу технології очищення води від домішок кожної групи покладені процеси, що протікають під впливом сил, які найбільше ефективно впливають на дану дисперсну систему. Так, для видалення суспензій, що є *кінетично нестійкими системами*, використовують гравітаційні й адгезійні сили.

При видаленні *колоїдних і високомолекулярних речовин*, агрегативно нестійких у водних розчинах, використовують адгезійні й адсорбційні сили.

Для видалення домішок, що знаходяться у вигляді *молекулярних розчинів*, застосовують процеси, що приводять до асоціації молекул у результаті впливу сил міжмолекулярної взаємодії з переходом цих домішок в іншу форму.

Для видалення з води *електролітів* використовують сили хімічних зв'язків, характерні для іонних процесів.

Технологія кондиціонування води припускає процеси, пов'язані з коректуванням її фізичних і хімічних властивостей, а також процеси знезаражування (звільнення від хвороботворних бактерій і мікроорганізмів). Однак, незважаючи на принципове розходження завдань цих методів обробки, вони можуть бути загальними залежно від фазово-дисперсного стану мінеральних, органічних і біологічних домішок води.

До **першої групи** домішок води відносяться *зважені* у воді речовини (від тонких суспензій до великих часточок). Сюди слід також віднести бактерії і планктон. Видалення цих домішок може бути досягнуте застосуванням безреагентних і реагентних методів (табл. 3.1).

Друга група домішок води являє собою різні типи гідрофільних і гідрофобних колоїдних систем, високомолекулярні речовини і детергенти, здатні залежно від наявних умов змінювати свою агрегативність. Домішки видаляють з води різними методами і технологічними прийомами. Так, застосовується обробка води хлором, озоном та іншими окислювачами. При цьому знижується кольоровість води, знищуються мікроорганізми, руйнуються гідрофільні колоїди, що виявляють захисні властивості стосовно гідрофобних домішок води, завдяки чому створюються сприятливі умови для наступного коагулювання, прискорюється процес утворення та осадження пластівців.

Таблиця 3.1 – Класифікація домішок природних вод Л.А. Кульського

Системи	Гетерогенні		Гомогенні			
Групи	I	II	III		IV	
Фізико-хімічна характеристика	Суспензії і емульсії	Колоїдно-розчинні речовини	Молекулярно-розчинні речовини		Речовини, дисоційовані на іони	
Розміри, м	$10^{-3} - 10^{-4}$	$10^{-5} - 10^{-6}$	10^{-7}		$10^{-7} - 10^{-8}$	
Основні представники	Крупні завислі речовини	Тонкі зависі	Гідрофобні колоїди		Розчинені гази	Катіони
	Планктон		Гумінові речовини		Органічні речовини	Аніони
		Бактерії	Віруси		Органічні електроліти	

Для **третьої групи** домішок, що є молекулярними розчинами, найбільш ефективні процеси, що забезпечують їхнє видалення з води, це аерування, окислювання, адсорбція.

Для **четвертої групи** домішок, що являють собою електроліти, техніка очищення води зводиться до зв'язування підлягаючих усуненню іонів у малорозчинні та малодисоційовані сполуки за допомогою реагентів, що додаються у воду. При виборі реагентів доцільно виходити з величини добутку розчинності сполук, що утворюються. *Добутком розчинності* називається добуток концентрацій іонів у насиченому розчині малорозчинного електроліту, що характеризує його здатність розчинятися. У випадку малих їх значень повнота очищення зростає, особливо при надлишку іона-осаджувача. Присутність у воді сторонніх солей обумовлює збільшення іонної сили розчину, внаслідок чого зменшуються коефіцієнти актив-

ності реагуючих іонів і розчинність осадів зростає. (*Іонна сила* є мірою напруженості електричного поля, створюваного присутніми в розчині іонами).

Активність являє собою ефективну концентрацію речовини, що враховує ступінь зв'язаності його молекул або іонів у розчині. Вона дозволяє судити про відхилення властивостей даної речовини в складному розчині від її властивостей у чистому розчині при тій же мольній концентрації речовини. Активність залежить від виду, концентрації кожного з інших компонентів розчину, температури і тиску.

Усі домішки, що забруднюють водойми, охоплюються чотирма групами пропонованої вище класифікації. Використовуючи особливості, які характеризують кожен групу домішок, можна знаходити ефективні методи видалення всього комплексу домішок, що знаходяться у воді, невеликим числом відповідно скомпонованих елементів очисних споруд. При проектуванні останніх використання цього принципу класифікації допомагає визначати головні елементи очисних споруд, компонувати їх, а також підбирати реагенти і процеси, що повинні в них протікати.

3.2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ І МЕТОДИ ОБРОБКИ ВОДИ

У технології водообробки є чимало різних технологічних прийомів і методів поліпшення якості води для господарсько-питних цілей. До основних з них відносяться прояснення, знебарвлення, знезалізення, фторування, знезаражування.

При підготовці води для технологічних цілей використовують прояснення, глибоке зм'якшення, повне знесолення, застосовують зниження окислювання, знекремнювання, дегазацію, знефторювання та ін.

На основі названої вище класифікації стало можливим систематизувати існуючі методи водообробки. Для кращої орієнтації при виборі методу, що забезпечує необхідний ступінь очищення води, складено таблиці, які містять дані про використовувані процеси і технологічні методи обробки води, умови їхнього застосування залежно від якісних показників останньої, про застосовувані

реагенти та їхню витрату, компонування очисних споруд, ступінь очищення води (див. додаток 1).

Технологічні схеми передбачають склад очисних споруд, що охоплюють процеси видалення речовин, які звичайно відносяться до декількох груп даної класифікації. Тому при складанні схеми водообробки слід вибирати методи й режими, що дають найбільш ефективний результат по кожній з таких груп. Бажаною є попередня лабораторна перевірка і порівняльна техніко-економічна оцінка декількох варіантів.

Для видалення з води гетерофазних *домішок I групи* рекомендуються наступні процеси:

- механічний поділ у гравітаційному полі або під дією відцентрових сил;
- фільтрування через пористі завантаження і дрібні сітки;
- адгезія на високодисперсних і зернистих матеріалах, а також гідроксидах алюмінію або заліза і глинистих мінералів;
- агрегація флокулянтами;
- флотація домішок та ін.;

для патогенних мікроорганізмів — бактерицидний вплив.

Комплекс очисних споруд, що забезпечує протікання більшості перерахованих процесів, містить у собі всі необхідні типові елементи, а саме: змішувачі, камери пластівцеутворення, відстійники (прояснювачі), фільтри - при двоступінчастій схемі очищення, контактні прояснювачі, або контактні фільтри- при одноступінчастій схемі.

Для усунення мікрогетерофазних *домішок II групи* більш характерні процеси окислювання органічних колоїдних речовин і високомолекулярних сполук, адгезія і адсорбція їх на гідроксидах алюмінію і заліза, агрегація флокулянтами катіонного типу та ін.; для вірусів - віруліцидний вплив .

Як і у випадку домішок I групи, комплекс очисних споруд, необхідних для здійснення цих процесів, складається з типових елементів, використовуваних у двох або одноступінчастій схемі очищення води.

Для молекулярно розчинених речовин, що входять до *III групи*, застосовні такі процеси: десорбція летких сполук; окислювання органічних речовин; адсорбція на активованому вугіллі та інших сорбентах; екстракція органічними розчинниками; відгонка парою - евапорація та ін. Методи видалення таких домішок специфічні, тому тут використовується апаратура спеціального призначення.

Для видалення електролітів (*IV група*) більш характерне:

- використання іонних процесів:
- переведення в малодисоційовані (нейтралізація, комплексоутворення) або малорозчинні сполуки;
- фіксація на твердій фазі іонів ($H - Na$ – катіонування, OH – аніонування);
- сепарація зміною фазового стану води з переведенням її в газоподібний стан (дистиляція) або у тверду фазу (виморожування, гідратосполучення);
- перерозподіл іонів у рідкій фазі (екстракція, зворотний осмос); рухливість іонів в електричному полі та ін.

Установки, призначені для здійснення цих процесів, можуть доповнювати основні очисні споруди. Іноді молекулярні й іонні домішки можна видаляти паралельно з виділенням гетерофазних забруднень у типовій для них апаратурі.

Відповідно до вимог СНіПу метод обробки води, склад і розрахункові параметри очисних споруд і розрахункових доз реагентів слід встановлювати залежно від якості води в джерелі водопостачання, її призначення, продуктивності станції і місцевих розумів, а також на основі даних технологічних досліджень і експлуатації споруд, які працюють в аналогічних умовах.

3.3. КЛАСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ВОДОПІДГОТОВКИ

Сполучення необхідних технологічних процесів і споруд складає *технологічну схему* поліпшення якості води. Використовувані в практиці водопідготовки технологічні схеми можна класифікувати за наступними ознаками:

- на реагентні й безреагентні;
- за ефектом прояснення;

- за числом технологічних процесів і числом ступенів кожного з них;
- на напірні й безнапірні.

1. *Реагентні й безреагентні* технологічні схеми застосовують при підготовці води для господарсько-питних цілей і потреб промисловості. Процеси обробки води із використанням реагентів протікають інтенсивніше і ефективніше. Безреагентні технологічні схеми (з гідроциклонами, акустичними, наливними і повільними фільтрами), як правило, застосовують для водопостачання невеликих водоспоживачів при кольоровості вихідної води до 50 град.

2. *За ефектом прояснення* розрізняють:

- технологічні схеми для повного або глибокого прояснення води;
- для неповного або грубого прояснення.

У першому варіанті очищена вода відповідає вимогам питної води відповідно до ДержСанПіН. У другому варіанті вміст суспензії в очищеній воді набагато більше — 50... 100 мг/дм³. Як правило, грубо прояснену воду використовують для цілей охолодження різного виробничого устаткування.

3. *За числом технологічних процесів і числом ступенів кожного з них* технологічні схеми підрозділяють на одно-, двох- і багатоступінчасті.

В одноступінчастих схемах процеси здійснюються послідовно й одноразово (в одну ступінь). Двоступінчасті схеми застосовують в тому випадку, коли один з основних технологічних процесів здійснюється двічі.

4. *За характером руху оброблюваної води* технологічні схеми підрозділяють на самопливні (безнапірні) й напірні. На міському і великому промисловому водоочисному комплексах рух вихідної води по спорудах здійснюється самопливом. При цьому рівень води в кожній наступній споруді нижче рівня попередньої. Різниця рівнів визначає напір, необхідний для подолання гідравлічних опорів у середині споруди й у комунікаціях від однієї споруди до іншої.

У напірних спорудах закритого типу вода циркулює під тиском, створюваним насосною станцією.

Для розробки технологічних схем потрібно багато даних. Насамперед установлюється цільове призначення води (вимоги за фізичними, хімічними і бактеріологічними показниками), враховується якість води джерела водопостачання в різні пори року, ступінь і можливість забруднення та ін.

Відповідальним і складним етапом є правильна оцінка джерела водопостачання. Важливо не тільки визначити домішки води, що обумовлюють її присмаки, запахи, кольоровість, каламутність, жорсткість і т.д., але і вивчити хімічні й біологічні процеси, що протікають у водоймищі й відображаються на стабільності складу води. Тому оцінка водоймища складається в результаті тривалого спостереження за складом домішок води, за зміною в часі кожного окремого компонента.

Крім специфічних особливостей очищення води в кожному випадку існують і загальні положення, якими треба керуватися при виборі схем очищення води, доборі елементів очисних споруд та їх компонуванні.

При підготовці питної води у випадку, якщо забір її провадиться з відкритих водойм, воду звичайно прояснюють, знебарвлюють і знезаражують. Якщо джерела водопостачання — підземні напірні і безнапірні води або вода чистих озер і ставків, її обробка обмежується тільки знезаражуванням.

При проектуванні очисних споруд комплекс і типи основного та допоміжного устаткування обумовлюються прийнятим методом обробки води. Об'єми окремих споруд розраховують за часом, необхідним для протікання тих або інших фізико-хімічних процесів у воді, що надходить на обробку. При безперервній роботі цих споруд розрахунок їх обов'язково припускає встановлення часу перебування води в різних елементах схеми при швидкості потоку, що відповідає нормальному перебігу процесу очищення.

Реагенти у воду подають таким чином, щоб обробка її закінчувалася в проєктованому комплексі устаткування, а вихідна вода відповідала вимогам споживача і щоб надалі вода не змінювала свого складу і властивостей. Для цього їх слід вводити на *початку* очисних споруд і спеціальних пристроїв, забезпечувати швид-

ке і повне змішування віддозованих реагентів з усією масою води, що очищається. Винятком є методи обробки води, призначені для усунення впливу розгалуженої мережі трубопроводів на її якість (повторне бактеріальне забруднення, корозія і т.д.), а також для її збагачення мікроелементами (фторування).

При використанні для очищення води декількох методів обробки розміщення відповідного устаткування для додаткових процесів не повинне впливати на основну технологічну схему споруд. Деякі зміни вводять у технологічну схему прояснення і знезаражування води в разі використання підвищених доз хлору для усунення стійких неприємних присмаків і запахів, знищення планктону та ін. У цьому випадку первинне хлорування проводять у водоприймальному колодязі або на насосній станції першого підйому. Після прояснення наприкінці відстійника або за фільтрами здійснюють вторинне хлорування.

3.4. СКЛАДАННЯ ВИСОТНОЇ СХЕМИ СПОРУД

Компонування очисних споруд із самопливними лініями, що забезпечують прояснення, знебарвлення і знезаражування води, показане на рис. 3.1. При проектуванні самопливних очисних споруд для здешевлення будівництва необхідно максимально використовувати рельєф місцевості. Для цього складають *висотну схему споруд*, на якій установлюється положення (позначка) рівнів води в кожній споруді відповідно до обраної технологічної схеми. Складання висотної схеми починають з найбільш низько розташованої споруди — резервуара чистої води (РЧВ). Позначку найвищого рівня води в ньому приймають, виходячи з будівельних і санітарних міркувань з урахуванням рельєфу місцевості (звичайно на 0,15—0,50 м вище позначки землі). Потім, задаючи втрати напорові в трубопроводах, фасонних частинах і сполучних каналах, знаходять необхідні позначки рівнів води в окремих спорудах. У результаті цих розрахунків знаходять позначки кожного елемента очисних споруд. Їх приймають як задані в наступних розрахунках.

У *напірних системах*, використовуваних для обробки невеликих кількостей води, взаємне висотне розташування окремих споруд не відіграє особливої ролі. Втрати напору в таких установках складаються із суми втрат напору в окремих спорудах і з'єднуючих трубопроводах, а також з додаткової втрати напору на фільтрах при повному їх забрудненні.

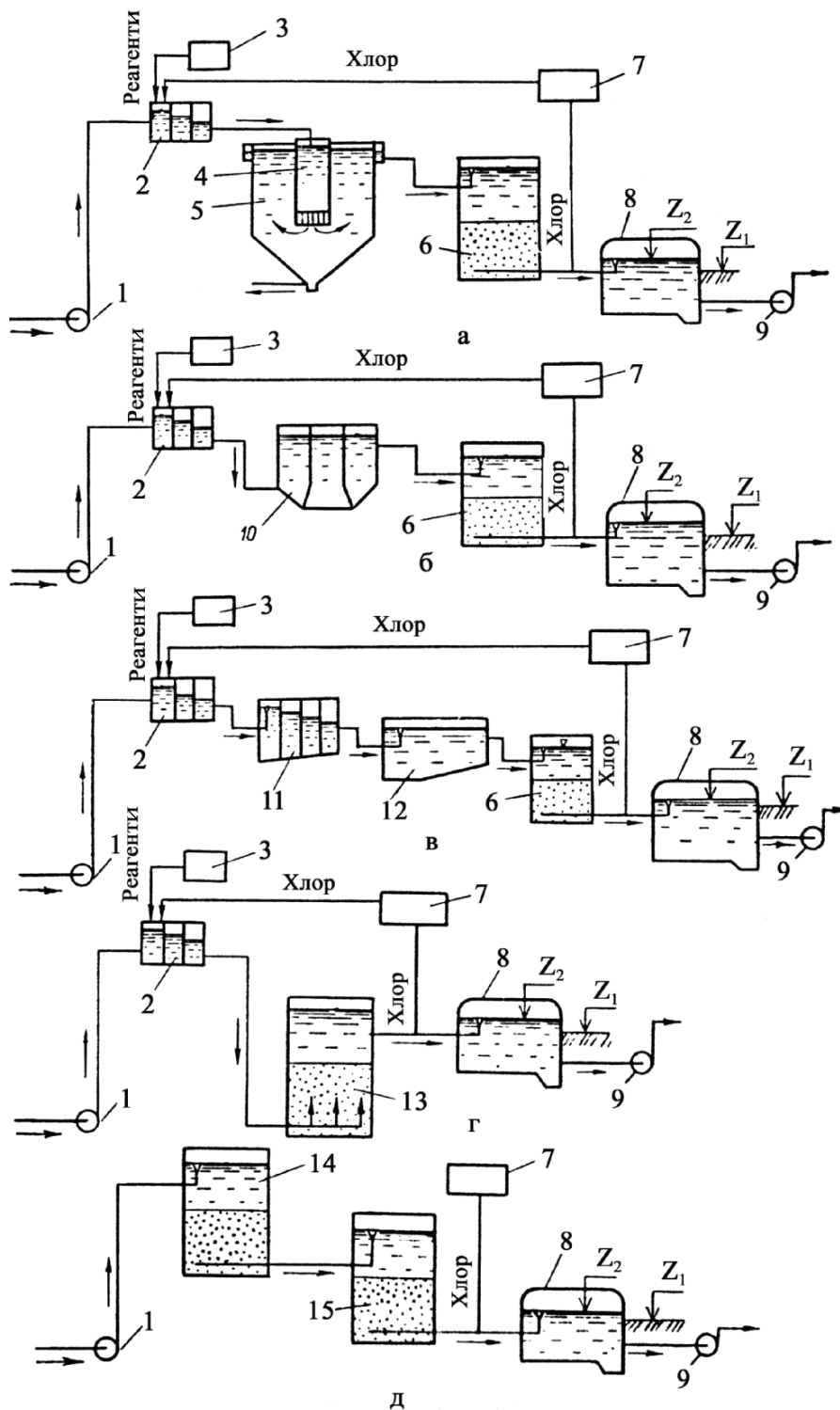


Рис. 3. 1 — Висотні схеми технологічних споруд водоочисних станцій:

а- з вертикальними відстійниками і швидкими фільтрами; **б**- із прояснювачами і фільтрами; **в**- з горизонтальними відстійниками і фільтрами; **г**- з контактними прояснювачами; **д**- із префільтрами і повільними фільтрами; 1 - насосна станція першого підйому; 2- змішувачі; 3- реагентний цех; 4- коловоротна камера пластівцеутворення; 5- вертикальний відстійник; 6- швидкі фільтри; 7- хлораторна; 8- резервуари чистої води; 9- насосна станція другого підйому; 10- прояснювачі зі зваженим осадом; 11- камера пластівцеутворення; 12- горизонтальні відстійники; 13- контактні прояснювачі; 14- префільтри; 15- повільні фільтри.

3.5. КОМПОНУВАННЯ ОЧИСНИХ СПОРУД

На етапі проектування станцій водопідготовки поряд з вибором методу обробки води, складу й типів окремих споруд і устаткування необхідно вибирати найбільш доцільне рішення взаємного розташування всіх елементів станції на генеральному плані (рис. 3.2).

Вирішальне значення при виборі раціонального розміщення технологічних споруд на майданчику має їхнє пристосування до рельєфу місцевості. Споруди з високими позначками фундаменту розташовують в підвищених місцях, з малими – у знижених. Це дозволяє скоротити об'єм земляних робіт.

Компонування очисних споруд повинне забезпечувати можливість подальшого їх розширення, що особливо важливо для великих міських і промислових водопроводів. Повинні бути залишені вільні площі від наземних будівель і підземних комунікацій для будівництва другої черги.

Однією з основних вимог, пропонованих до водоочисних станцій, є безперебійність у роботі. На рис. 3.2 штриховою лінією показане розташування обвідної лінії, що дозволяє відключити весь комплекс очисних споруд і при необхідності подавати воду через резервуар чистої води у всмоктувальні лінії насосної станції другого підйому. Якщо продуктивність станції більше 100000 м³/добу, то обвідні комунікації можна не влаштовувати.

Взаємне розташування окремих споруд станції повинне забезпечувати мінімальну довжину трубопроводів між ними, доріг і пішохідних доріжок, але при умові збереження зручності експлуатації і проведення ремонтних робіт.

При проектуванні водоочисних станцій всі технологічні споруди і допоміжні приміщення бажано розташовувати в одному будинку. Це значно зменшує будівельно-монтажну вартість станції і спрощує її експлуатацію.

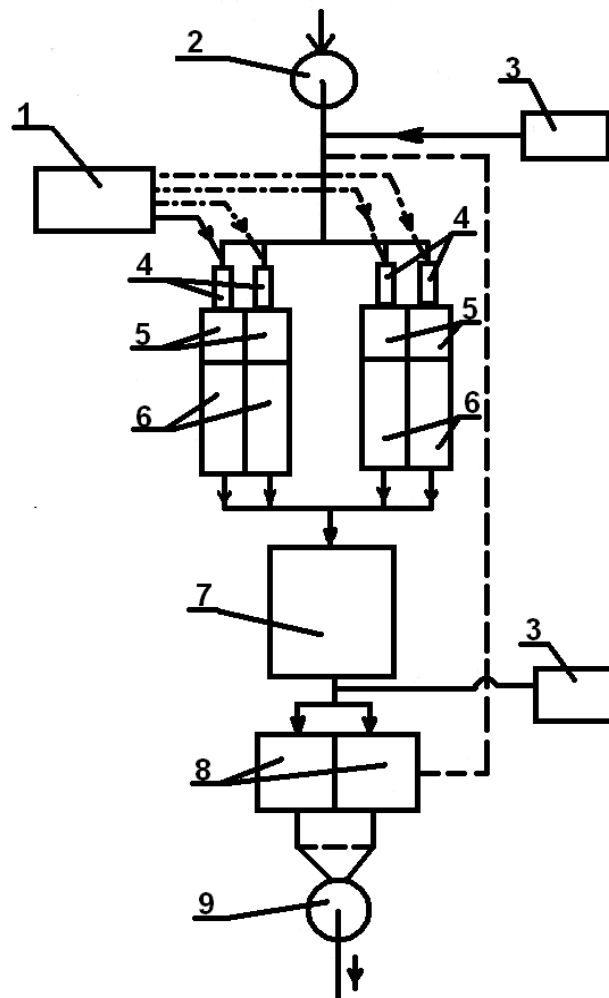


Рис. 3.2 – Схема компоновання очисних споруд

1 - реагентне господарство; 2- насосна станція першого підйому; 3- хлораторна; 4- змішувачі; 5- камери пластівцеутворення; 6- відстійники; 7- фільтри; 8- резервуар чистої води; 9- насосна станція другого підйому.

У межах першої зони санітарної охорони (ЗСО) розміщують всі допоміжні приміщення, що регламентуються СНіПом, а також насосні станції першого і другого підйомів, резервуари, котельню, майстерні, склади, знижувальну трансформаторну підстанцію, прохідну. Не допускається розташовувати на території ЗСО строгого режимові приміщення, які не мають безпосереднього відношення до експлуатації (наприклад, приміщення охорони, гараж і т.д.)

Склад і площу допоміжних приміщень призначають залежно від їх продуктивності.

Контрольні запитання

1. Назвіть основні принципи групування домішок і технологічних прийомів.
2. Дайте характеристику першої групи домішок і методів їхнього видалення.
3. Наведіть характеристику другої групи домішок і методів їхнього видалення.
4. Дайте характеристику третьої групи домішок і методів їхнього видалення.
5. Дайте характеристику четвертої групи домішок і методів їхнього видалення.
6. Назвіть основні технологічні процеси для поліпшення якості води.
7. Які класифікації технологічних схем водопідготовки Ви знаєте?
8. Що потрібно знати для розробки технологічної схеми?
9. Охарактеризуйте основні технологічні схеми водопідготовки.
10. Як складають висотну схему споруд?
11. Як komponують очисні споруди?

РОЗДІЛ 4. РЕАГЕНТИ, ЩО ЗАСТОСОВУВАЮТЬСЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ПИТНОЇ ВОДИ

4.1. КОАГУЛЯНТИ

В якості коагулянтів найбільше застосовують $Al_2(SO_4)_3$ і $FeCl_3$. Для господарсько-питного водопостачання переважно використовують розчини коагулянтів заданої концентрації. $Al_2(SO_4)_3$ найбільш часто застосовується у вигляді неочищеного $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O + mSiO_2$, що містить 33% безводного $Al_2(SO_4)_3$ і 23% нерозчинних домішок.

На сьогодні освоєно виготовлення очищеного глинозему $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ і неочищеного - $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ глинозему, що містить $\leq 1\%$ нерозчинних домішок – це грудки сірого або зеленуватого кольору. Сульфат алюмінію основний коагулянт, який застосовується для прояснення і знебарвлення води. Сировиною для одержання служать речовини, що містять Al_2O_3 (боксити, глини) і H_2SO_4 . Глину або боксит попередньо подрібнюють і обпалюють при температурі $600\text{ }^{\circ}C$. H_2SO_4 для реакції підігрівують. Отриманий у результаті реакції $Al_2(SO_4)_3$ очищають. Для цього його розчиняють, відфільтровують домішки, упарюють розчин до визначеної концентрації, після чого дають застигнути у тверду масу.

Неочищений $Al_2(SO_4)_3$ сорту БМ одержують при обробці необпаленої глини сірчаною кислотою. Вміст Al_2O_3 у ньому повинен бути $\geq 10\%$. У випадку обробки малокаламутних вод наявність у неочищеному коагулянті нерозчинних домішок поліпшує процес пластівцеутворення. Готують 23-25% розчин $Al_2(SO_4)_3$. При його застосуванні відпадає необхідність у спеціальних пристроях і обладнанні для розчинення коагулянту, зменшуються затрати на вантажно-розвантажувальні роботи і транспортування. Істотним недоліком є його чутливість до рН і температури води, що очищається, яка пояснюється великою гідратацією золя гідроксиду алюмінію $Al(OH)_3$ при низьких температурах. Зростання гідратації при низьких температурах ($1-2\text{ }^{\circ}C$) сприяє стабілізації золя

$Al(OH)_3$, погано коагульованого в цьому випадку іонами HCO_3^- і SO_4^{2-} навіть у концентраціях, що в кілька разів перевищують їхній вміст у воді. Підвищення стійкості золя дуже позначається на швидкості пластівцеутворення. Цим пояснюється те, що при використанні $Al_2(SO_4)_3$ в умовах низьких температур спостерігається процес уповільнення пластівцеутворення, попадання залишкового алюмінію в очищену воду й осадження $Al(OH)_3$ у трубах.

Область застосування, в якій $Al(OH)_3$ має мінімальну розчинність, – $6,5 < pH < 7,8$.

Розроблено технології виготовлення основного $AlCl_3$ висококонцентрованого коагулянту: оксихлорид алюмінію $Al(OH)_5Cl \cdot 6H_2O$; алюмінат натрію $NaAl_2$ (рН води практично не змінюється).

Оксихлорид алюмінію здатний утворювати більш міцний осад, має меншу гігроскопічність, не злежується при зберіганні, не курить при перевантаженні. Ступінь мінералізації води зростає, а лужність знижується в меншій мірі, ніж для $Al_2(SO_4)_3$.

Коагулянт $FeCl_3$ у вигляді $FeCl_3 \cdot 6H_2O$. Являє собою добре розчинну у воді речовину, утворює великі, швидкоосідаючі пластівці $Fe(OH)_3$. Використання дає найбільше високі результати спільно з $Al_2(SO_4)_3$ і вапном. Являє собою темні кристали з металевим блиском, які одержують хлоруванням залізної стружки при $700^\circ C$. При транспортуванні коагулянту потрібна герметична тара у зв'язку з його гігроскопічністю.

$FeSO_4 \cdot 7H_2O$. Являє собою добре розчинну у воді речовину, утворює великі, швидкоосідаючі пластівці $Fe(OH)_3$. Використання дає найбільші результати спільно з $Al_2(SO_4)_3$ і вапном. Являє собою темні кристали з металевим блиском, які одержують хлоруванням залізної стружки при $700^\circ C$. При транспортуванні потрібна герметична тара у зв'язку з його гігроскопічністю. Застосовують у вигляді прозорих кристалів зеленого кольору, швидко буріє на повіт-

рі. Одержують шляхом розчиненням заліза в сірчаній кислоті з наступним розпарюванням (до насиченого стану) і кристалізацією розчину. Утворений у воді $Fe(OH)_2$ окисляється в $Fe(OH)_3$ спеціально введеним Cl_2 або розчиненим у воді O_2 . Швидкість осадження пластівців у 1,5 рази вище швидкості осадження пластівців $Al(OH)_3$. Однак, процес окислювання відбувається швидко тільки при $pH=8$. Це часто викликає необхідність у підлужуванні води (додавання вапна або соди). Недоліком коагулянту є використання додаткових реагентів. Але, на установках реагентного зм'якшення води для коагуляції домішок він використовується часто.

Коагулянт $Fe_2(SO_4)_3$ у вигляді $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 2H_2O$. Являє собою кристалічну, дуже гігроскопічну речовину, що добре розчиняється у воді. При його використанні поліпшується коагуляція при низьких температурах; на нього мало впливає pH середовища; прискорюється осадження зкоагульованих часточок; скорочується тривалість відстоювання; щільність утворених пластівців більша, ніж $Al(OH)_3$. Недоліками $Fe_2(SO_4)_3$ є:

- 1) необхідність ретельного дозування, тому що порушення кількості введеного в оброблювану воду $Fe_2(SO_4)_3$ призводить до проникнення заліза в очищену воду;
- 2) пластівці $Fe(OH)_3$ осаджуються нерівномірно, тому у воді залишається велика кількість дрібних пластівців, які потім надходять на фільтри.

Недоліки усувають додаванням $Al_2(SO_4)_3$.

Коагулянт $Fe_2(SO_4)_3 + FeCl_3$ – хлорований залізний купорос. Одержують на очисних спорудах обробкою розчину $FeSO_4$ хлором. Ступінь гідролізу більше, процес пластівцеутворення протікає інтенсивніше. Утворюються великі, легкоосідаючі пластівці, знебарвлення води досягається при менших дозах коагулянту. При застосуванні цього коагулянту очищена вода не утворює відкладень навіть при низькій температурі, тому що коагуляція й осадження закінчуються в основному до фільтрів; пластівці осаджуються рівномірно, у відстійни-

ках досягається більш повне прояснення води; зменшується витрата реагенту. До недоліків відносяться корозійна активність розчинів; велика витрата хлору; ретельний контроль реагентів, тому що відхилення призводять до неповного гідролізу; з'являється вірогідність проникнення заліза в питну воду, й отже, підвищується її кольоровість і каламутність, вода здобуває неприємний смак.

4.2. ФЛОКУЛЯНТИ

Флокулянтами називаються речовини, що інтенсифікують процес коагуляції гідроксидів алюмінію, заліза (III).

Флокулянти належать до класу лінійних полімерів, для яких характерна ланцюжна форма макромолекул. Молекулярна маса флокулянтів знаходиться в межах від декількох десятків тисяч до декількох мільйонів; довжина ланцюжка, що складається з ряду повторюваних ланок, становить сотні нанометрів.

В якості флокулянтів використовують високомолекулярні речовини, що мають властивість добре розчинятись у воді. Вони є істинними розчинами – це гомогенні стійкі однофазні термодинамічні системи. Флокулянти бувають органічні (природні, синтетичні) і неорганічні. До природних відносяться крохмаль, водоростева крупка, білкові гідролізні дріжджі, макухи та ін. До синтетичних належить поліакриламід ПАА, флокулянти катіонного типу ВА-2, ВА-3. До неорганічних відносять активну кремнієву кислоту АК.

Крохмаль являє собою суміш двох вуглеводів: лінійного полімеру амілози і сильно розгалуженого полімеру амілопектину. Крохмаль виділяють з картоплі, кукурудзи, рису.

Дія флокулянтів аніонного типу підсилюється кислотною обробкою, застосовують їх у Німеччині, США, Нідерландах, Франції та ін.

ПАА – біла, аморфна, добре розчинна в полярних розчинниках речовина. ПАА гідролізується водою, лугами і кислотою з утворенням акрилової кислоти і її солей. ПАА відноситься до поліелектролітів, дисоціює на високомолекулярний полівалентний аніон і катіони. Механізм дії полягає в адсорбції молекул на часточках $Al(OH)_3$ або $Fe(OH)_3$. Молекули ПАА здатні утворювати асоціати -

пачки довжиною 130 нм. Застосовують два сорти ПАА - вапняний і аміачний. Випускають ПАА у вигляді прозорої жовто-зеленої желеподібної маси, що прилипає до дерева, тканин, паперу або у вигляді порошку.

MAGNAFLOCK (Магнафлок) – синтетичний флокулянт, призначений для підвищення ефективності видалення тонкодисперсних часток з водного середовища і їхньої наступної обробки, наприклад, седиментації і фільтрації. При обробці суспензії відповідним видом реагентом **MAGNAFLOCK** тверді частки у процесі седиментації утворюють великі пластівці, що швидко осідають, забезпечуючи осідання розчину. Флокулянт додає структурі осаду великої пористості, забезпечуючи більш високі швидкості фільтрації і більш ефективне промивання. **MAGNAFLOCK** використовують у дуже малих кількостях. Поставляється у вигляді білих вільно текучих порошоків, знекурених мікрокульок або рідких дисперсій, що дають водні розчини високої в'язкості. Для очищення природних вод використовують аніонну групу, яка досить добре себе зарекомендувала при видаленні мінеральних та інших неорганічних речовин, особливо в нейтральних і лужних середовищах, або спеціальний **MAGNAFLOCK LT** – для очищення питної води.

ВА-2 – порошкоподібний або 7-15%-ний рухомий розчин поліелектроліту. Взаємодіє з гумусовими речовинами, утворюючи нерозчинні агрегати. ВА-2 має позитивний заряд і, отже, адсорбується на негативно заряджених колоїдно-дисперсних домішках, зв'язуючи їх у великі агрегати.

Коагуляція відбувається без звичайних мінеральних коагулянтів $Al_2(SO_4)_3$ і $FeCl_3$. Присутні у природній воді високомолекулярні гумінові кислоти утворюють із флокулянтом ВА-2 нерозчинні агрегати. Фенольні й *ОН* – групи гумінових кислот, взаємодіючи з основними групами флокулянтів, утворюють малодисперговані солі.

АК – колоїдний водний розчин рідкого скла з активною частиною SiO_2 . Одержують частковою або повною нейтралізацією Na_2SiO_3 . Молекули кремніє-

вої кислоти, що утворюються, конденсуючи, виділяються з розчину у виді негативно заряджених колоїдних часточок.

Механізм взаємодії АК з $Al(OH)_3$ і $Fe(OH)_3$ пояснюється взаємною коагуляцією різнойменно заряджених часточок; впливом на зверхміцелярну структуру, що виникає при обробці води коагулянтами. АК приготують на місці безпосередньо перед використанням, сировиною служить силікат натрію (розчинене скло) і активатор ($Al_2(SO_4)_3$, $(NH_4)_2SO_4$, H_2SO_4 , Cl_2 та ін.).

Використання флокулянтів дозволяє:

- прискорити в камерах пластівцеутворення і відстійниках формування пластівців і їх осадження ;
- поліпшити ефект прояснення води;
- збільшити швидкість руху води на очисних спорудах;
- у прояснювачах зі зваженим осадом сприяє збільшенню концентрації часточок у зваженому шарі і зменшенню виносу зважених речовин при одночасному підвищенні швидкості висхідного потоку води;
- на фільтрах і контактних прояснювачах подовжується час захисної дії завантаження, поліпшується якість фільтрату, підвищується швидкість фільтрування і відносне скорочення витрат промивної води.

Додавання невеликих доз флокулянтів перед відстійниками і прояснювачами інтенсифікує і поліпшує їхню роботу. Для поліпшення процесу фільтрування флокулянти додають безпосередньо перед надходженням води на фільтри або контактні прояснювачі. Застосування флокулянтів на діючих очисних спорудах дозволяє збільшувати об'єми окремих споруд і очисних споруд у цілому.

У період паводків, низької температури та ін. використання флокулянтів дозволяє зберегти необхідну продуктивність очисних споруд. Флокулянти можуть поліпшити якість води, що очищається, якщо показники роботи очисних споруд не відповідають вимогам. У ряді випадків флокулянти дають змогу збільшити продуктивність очисних споруд у 1,5 рази. Пошуки нових нетоксичних флокулянтів є актуальним й у даний час.

4.3. ІНШІ РЕАГЕНТИ

При обробці води крім зазначених вище реагентів у необхідних випадках застосовують хлор, хлорне вапно або інші сполуки хлору; активоване вугілля (АВ), кремнійфтористий натрій або алюміній, аміак, сірчаноокислий газ і ін.

Хлор, хлорне вапно використовують для руйнування захисних колоїдів, що перешкоджають успішному протіканню процесу коагуляції, для знебарвлення води, вони підтримують очисні споруди в надійному санітарному стані і використовуються для знезаражування. Доза хлору визначається спробним хлоруванням.

Активоване вугілля АВ, NH_3 , сірчаний газ використовуються для дезодорації води. Найбільше застосування для боротьби із запахом має АВ, дозу якого встановлюють експериментально. Активоване вугілля дозволяє усувати майже всі запахи, присмаки, з якими можна зустрітися при обробці питних вод. Вуглювання можна застосовувати періодично в разі потреби за допомогою нескладних пристроїв, воно до деякої міри дозволяє звільнити воду від мікроорганізмів. У процесі вуглювання води відбувається дифузія розчинених речовин у пори вугілля і сорбція органічних речовин на внутрішній поверхні останнього. Найбільший ефект дає вугілля з високою адсорбційною активністю (вугілля марки ВА-лужний, АГ-3, ОВ-кислий). NH_3 іноді використовують разом із препаратами хлору для знезаражування у співвідношенні 1:5, 1:10.

Препарати фтору, зокрема кремнійфтористий натрій, використовують для фторування води.

Контрольні запитання

1. Який коагулянт використовується для прояснення і знебарвлення на очисних спорудах питного водопроводу? Дайте його характеристику.
2. Що таке істинні розчини?
3. Поясніть механізм дії АК і ПАА на природну воду.
4. Дайте характеристику Мангофлоку.
5. Перечисліть реагенти, що використовуються для спеціальних методів обробки води.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ РЕАГЕНТНОГО ГОСПОДАРСТВА

5.1. ПРИГОТУВАННЯ РОЗЧИНІВ КОАГУЛЯНТІВ

Одним з основних етапів очищення води коагуляцією є підготовка реагентів, що в більшості випадків зводиться до приготування розчинів коагулянтів необхідної концентрації. Використовувані для водоочищення реагенти являють собою тверді речовини, що подаються у воду або розчинів заданої концентрації, або у вигляді ретельно здрібненого і висушеного порошку. Більше розповсюджений метод мокрого дозування реагентів.

Розчин коагулянту на очисних спорудах готують в розчинних баках, звідки його перекачують у видаткові баки або в ємкості-сховища концентрованого розчину. При інтенсивній циркуляції води в розчинному баці можна одержати 17-24% розчин.

Місткість баків при приготування і збереження розчинів реагентів визначається залежно від наступних показників: розрахункової кількості води, що підлягає очищенню, прийнятої дози реагенту, числа затворів за добу, концентрації реагентів (у випадку застосування неочищеного коагулянту) і робочого розчину.

Місткість розчинного бака, W_p , визначають за формулою

$$W_p = \frac{q \cdot T \cdot D_k}{10000 \cdot \epsilon_s \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \quad (5.1)$$

де q – розрахункова витрата води, м³/год;

T – тривалість роботи станції, на яку розраховується кількість розчину на один затвор, год.

Тривалість роботи станції T залежить від продуктивності очисних споруд:

до 10 тис. м³/добу – 12-24 год,

10-50 тис. м³/добу – 8-12 год,

50-100 тис. м³/добу – 6-8 год,

більше 100 тис. м³/добу – 3 год;

D_k – максимальна доза реагенту в перерахунку на безводний продукт, мг/дм³;

b_p – концентрація розчину до кінця розчинення (17-24% у перерахунку на безводний продукт);

γ – щільність розчину (1 т/м³).

Тривалість повного циклу приготування розчину коагулянту, що включає в себе завантаження, розчинення, відстоювання, перекачування та очищення піддону, при температурі 10⁰С приймають 10-12 год. при продуктивності очисних споруд більше 10 тис. м³/добу.

Інтенсифікацію розчинення здійснюють перемішуванням розчину стиснутим повітрям, яке підводять дірчастими трубами або мішалками.

Мокре зберігання коагулянту

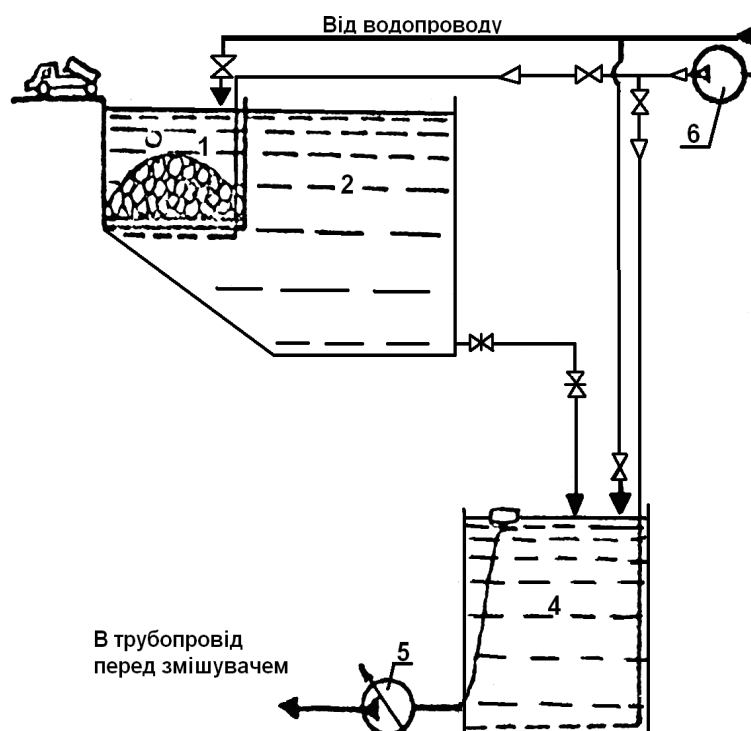


Рис. 5.1 - Схема коагулянтного господарства при мокрому зберіганні коагулянту.

На очисні споруди коагулянт подають автосамоскидами і завантажують у розчинні баки 1, де готують 17-24% розчин. Прийнято мокре зберігання коагу-

лянту в баках-сховищах **2**. З цих баків кислотостійким насосом **3** коагулянт перекачують у видаткові баки **4**. Беруть розчин з верхнього шару через шланг, прикріплений до поплавця.

У видаткові баки подають воду для розведення розчину коагулянту до 4-10% концентрації. Розчин насосами-дозаторами **5** перекачують у трубопровід *перед змішувачем*. Для поліпшення процесу перемішування подають повітря повітродувкою **6**.

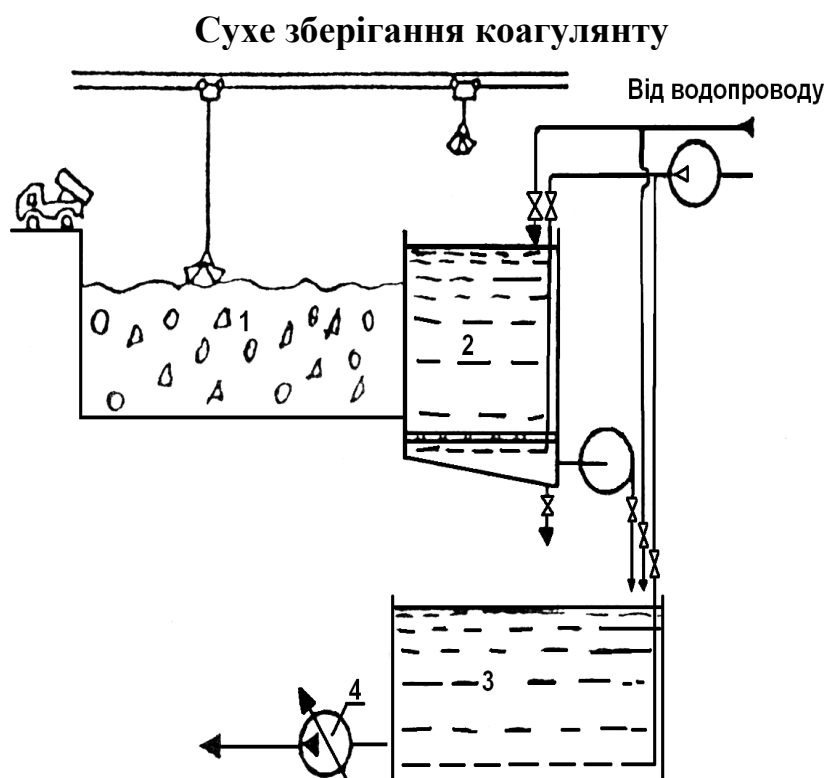


Рис. 5.2 - Схема коагулянтного господарства при сухому зберіганні коагулянту.

При сухому збереженні (рис.5.2) коагулянт знаходиться на складі **1**. Розчиняють його в розчинних баках **2**, звідки перекачують у видаткові баки **3**, де він розбавляється до заданої концентрації, і насосами-дозаторами **4** подається в оброблювану воду. Концентрацію розчину коагулянту в розчинних баках **2** приймають в таких співвідношеннях: 17% для неочищеного коагулянту; 20% для очищеного грудкового коагулянту; 24% для очищеного гранульованого коагулянту.

Концентрація коагулянту у видаткових баках складає 3-12%.

Місткість видаткових баків встановлюють за формулою

$$W = \frac{W_p \cdot b_p}{b}, \text{ м}^3, \quad (5.2)$$

де b – концентрація розчину коагулянту у видаткових баках (3–12% у перерахунку на безводний продукт).

Інтенсивність подачі повітря визначають в залежно від кількості розчинних баків. Відповідно до вимог СНіПу кількість розчинних баків має бути не менше трьох – інтенсивність подачі повітря $i=8-10 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$, кількість видаткових баків повинна бути не менше двох – інтенсивність подачі повітря $i=3-5 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$.

Об'єм розчинних баків можна також визначити з розрахунку на прийом коагулянту від одного самоскида (5 т) із співвідношення:

1,5 т води на 1 т коагулянту: $1,5 \cdot 5 = 7,5 \text{ м}^3$.

Об'єм баків-сховищ визначають з розрахунку 15-30 добового зберігання:

$$W_{\delta-cx} = \frac{D_k \cdot Q \cdot T_{зб}}{10 \cdot \epsilon_{\delta-cx} \cdot \gamma_{\delta-cx}}, \quad (5.3)$$

де D_k – доза коагулянту по безводному продукту, мг/дм³;

Q – повна продуктивність очисних споруд, м³/добу;

$T_{зб}$ – розрахункова тривалість зберігання розчину коагулянту, 15-30діб;

$\epsilon_{\delta-cx}$ – концентрація розчину в баках-сховищах, 17-24%;

$\gamma_{\delta-cx}$ – щільність розчину коагулянту (1190 кг/м³).

Об'єм видаткових баків при мокрому збереженні коагулянту визначають за формулою

$$W = \frac{D_k \cdot Q_{oc}^{200} \cdot T_{зб}}{10 \cdot \epsilon_{вид} \cdot \gamma_{вид}}, \quad (5.4)$$

де $T_{зб}$ – число годин роботи очисних споруд, на яке розрахована кількість розчину коагулянту;

$b_{\text{вид}}$ – концентрація розчину в розчинних баках по безводному продукту, 3-12%;

$\gamma_{\text{вид}}$ – щільність розчину коагулянту (1050 кг/м^3).

5.2. ПРИГОТУВАННЯ ФЛОКУЛЯНТІВ

Приготування активної кремнійкислоти (АК)

АК готують безпосередньо на місці її застосування із силікату натрію (Na_2SiO_3) шляхом активації, тобто повною або частковою нейтралізацією його лужності. Вихідною сировиною є рідке скло й активатори - кислоти, кислі солі, солі сильних кислот і слабких основ, гази, що утворюють при розчиненні у воді кислоти, та інші реагенти. Найбільш детальне приготування золів АК розроблено із сірчаною (соляною) кислотою, хлором, сульфатом алюмінію. Хлор і сульфат алюмінію є звичайними реагентами на очисних спорудах.

Рідке скло являє собою густу рідину жовтого або сірого кольору без механічних включень, видних неозброєним оком. На майданчик водоочисної станції рідке скло доставляють у залізних бочках місткістю 250 л. Зберігається воно в сухих закритих приміщеннях при температурі не нижче $+5^\circ\text{C}$.

АК є малотоксичною сполукою, має високий поріг дії за органолептичними показниками. Для активації силікату натрію застосовують апаратуру безперервної дії або періодичної дії.

Установка періодичної дії

Установки періодичної дії доцільно використовувати при потребі в золі АК 3 кг/год. Установка складається із залізобетонного реагентного бака, хлоратора ЛК-10, циркуляційного насоса і дозаторів робочого розчину АК. Усі вузли з'єднані між собою вінілопластиковими трубами і прогумованими шлангами, на яких установлені вінілпластикові вентилі. АК на цій установці одержують таким способом (рис.5.3)

Готують 1,5-2%-ний по SiO_2 розчин рідкого скла. Потім його обробляють хлорно-повітряною сумішшю у співвідношенні 1:0,5 або 1:2 у струминному апараті (хлоратор типу ЛК-10) при циркуляції розчину в системі «бак – насос - струминний апарат - бак» до одержання необхідного молярного стану $Cl_2 / Na_2O = 0,9 - 1,05$. Хлорований розчин витримують 1 год для придбання ним флокуляційних властивостей. Доспілий золь розбавляють до 0,5-0,75%-ний по SiO_2 і дозують в оброблювану воду.

Установка безперервної дії

Установки безперервного приготування і дозування АК доцільно застосовувати на великих очисних спорудах з витратою рідкого скла більше 10 кг/год. Таких установок має бути мінімум дві: одна робоча, одна - резервна. Активацію розчину силікату натрію можна здійснювати сульфатом алюмінію або хлором:

1. Петровим Г.Г. запропонована установка безперервної дії для одержання АК, в якій використовується сульфат алюмінію для активації розчину рідкого скла (рис.5.4)

Для активації розчину силікату натрію готують 1,4–2,7% розчин сульфату алюмінію. Концентрація самого ж Na_2SiO_3 повинна бути в межах 1,5–1,7%. Робочі розчини подаються безперервно в реагентні баки дозаторами. Час перебування АК в реагентному баці складає 1–1,5 год.

Установка складається з баків робочих розчинів силікату натрію і сульфату алюмінію, зрізьника з мішалкою, насосів для подачі робочих розчинів з баків у дозатори, ежектора для розведення АК і подачі її в оброблювану воду.

На деяких станціях підготовки води працюють установки безперервного приготування АК з використанням $Al_2(SO_4)_3$ в якості активатора рідкого скла за такою схемою:

I-ий етап: нейтралізація розчину рідкого скла впродовж 1–2хв;

II-ий етап: полімеризація нейтралізованого розчину;

III-ий етап: доведення концентрації АК до 0,5% в перерахунку на SiO_2 з подальшою подачею готового розчину АК на очисні споруди.

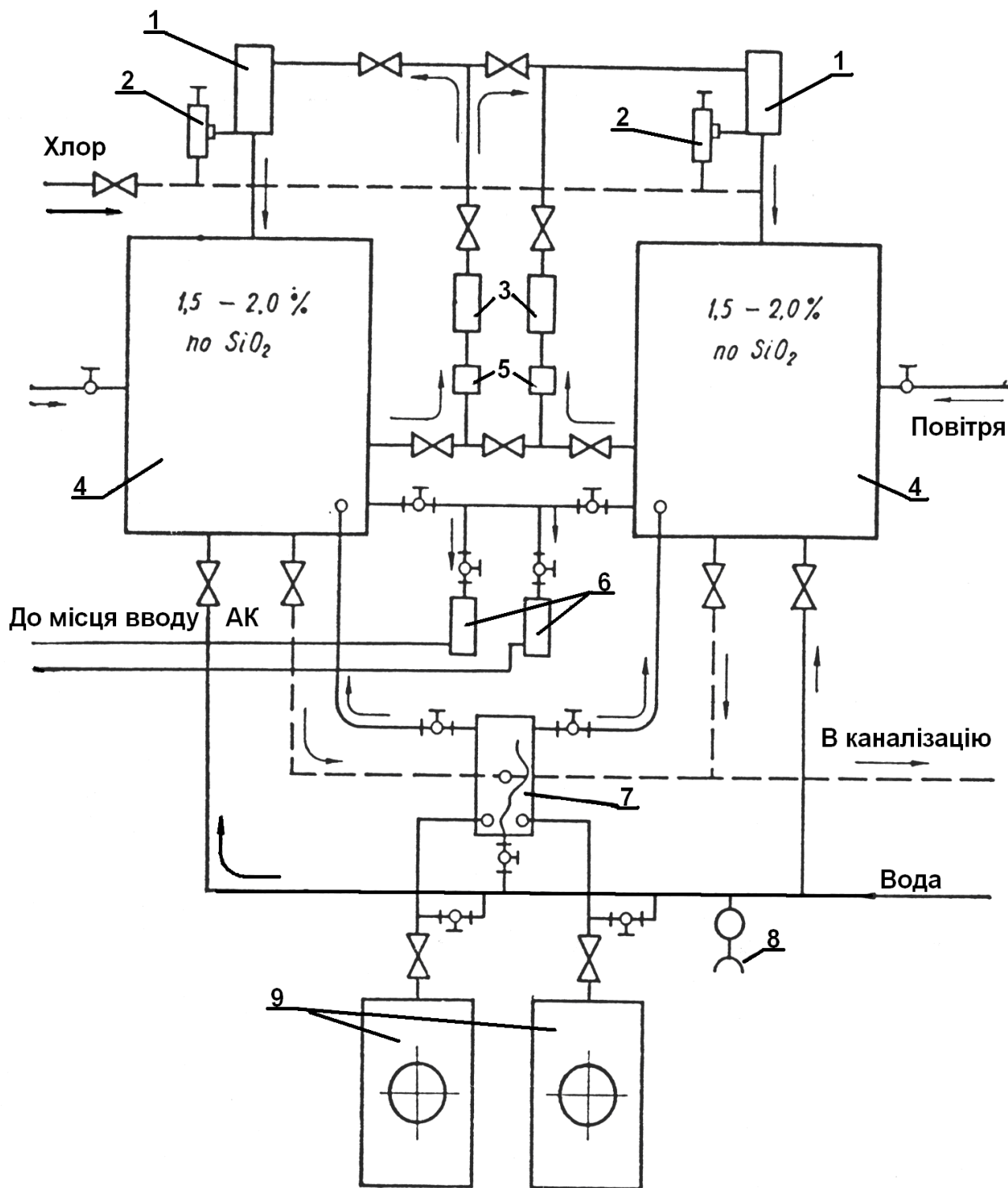


Рис. 5.3 - Схема установки для періодичного приготування АК:

1 – хлоратори; 2 – мікроventilі; 3 – циркуляційні насоси; 4 – баки для активування; 5 – датчики контрольно-вимірювального обладнання; 6 – насоси-дозатори; 7 – мірник для рідкого скла; 8 – пожежний кран; 9 – цистерни для зберігання рідкого скла.

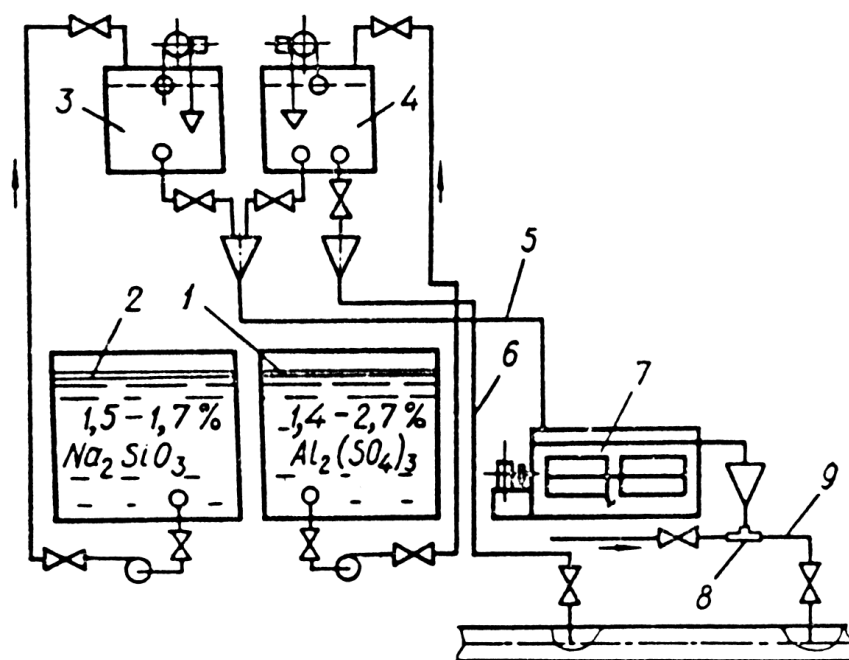


Рис. 5.4 - Схема установки для безперервного приготування АК:

1,2 – розчинні баки відповідно сульфату алюмінію і рідкого скла; 3,4 – дозувальні баки відповідно рідкого скла і сульфату алюмінію; 5 – трубопровід для надходження нейтралізованого розчину рідкого скла в зрільник; 6,7 – трубопровід для надходження розчину коагулянту в змішувач; 8 – ежектор; 9 – трубопровід для подачі активованого силікату натрію в змішувач.

2. Схема дозатора АК ДАК-15 для безперервного одержання АК шляхом хлорування розчину рідкого скла і наступного дозування в оброблювану воду (рис. 5.5).

Застосування хлору для активації рідкого скла переважніше, тому що при активації сульфатом алюмінію навіть невеликий надлишок приводить до різкого зниження рН і швидкого затвердіння золя АК. Надлишок навіть 50% хлору викликає невеликі зміни рН золя АК, а затвердіння відбувається не так різко.

Приготування АК шляхом активування хлором складається з наступних трьох етапів:

1 етап: готування 1,5-2,5% по SiO_2 розчину рідкого скла. Рідке скло зі сховища або ємності забирається насосом-дозатором і подається в змішувач. Туди ж надходить водопровідна вода. Розчин рідкого скла (1,5-2,5%) проходить усереднювач і надходить у струминний змішувач, де відбувається обробка хлорно-повітряною сумішшю.

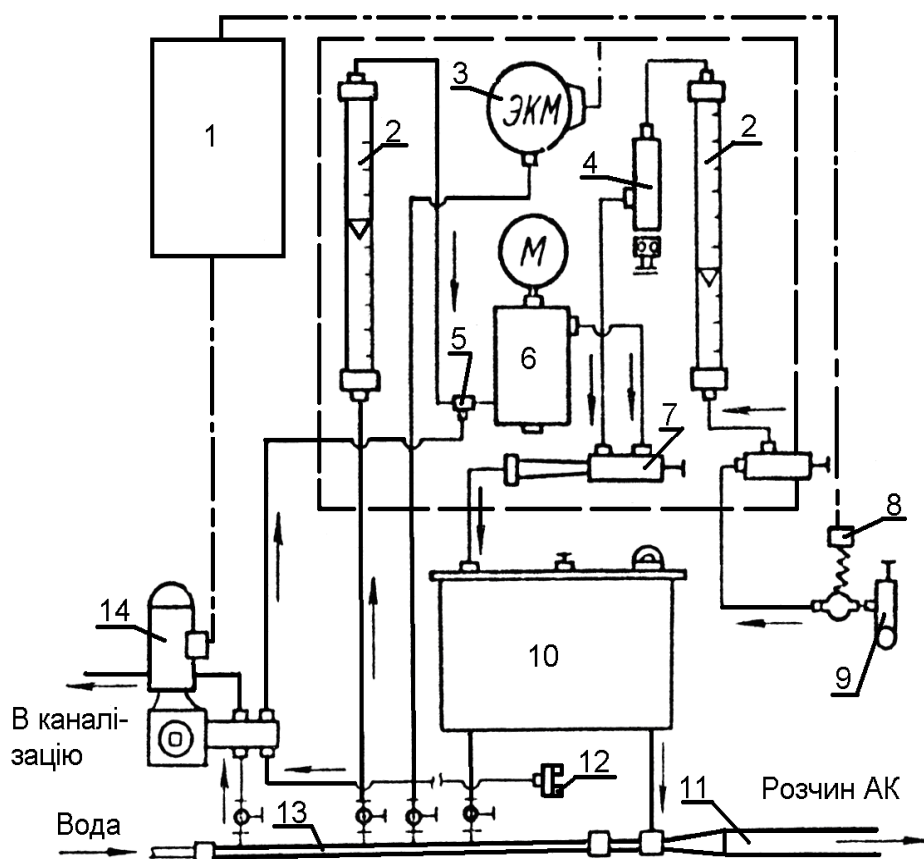


Рис. 5. 5 - Технологічна схема установки непрерывного приготовления и дозирования АК (дозатор ДАК-15):

1 – електропульт; 2 – ротаметри; 3 – електроконтактний манометр; 4 – клапанна коробка; 5 – змішувач; 6 – усереднювач; 7 – струминний змішувач; 8 – запірний клапан; 9 – хлорний вентиль; 10 – зрільник; 11 – гідроелеватор; 12 – забірник; 13 – гребінка; 14 – насос-дозатор.

II етап: полімеризація розчину в зрільнику впродовж 3-5 хвилин, утворення АК.

III етап: розведення АК до 0,5% по SiO_2 з метою стабілізації.

АК надходить у гідроелеватор, де її розбавляють до 0,5% і дозують в оброблювану воду.

Установки безперервного готування і дозування АК доцільно застосовувати на очисних спорудах з витратою рідкого скла більше 10 кг/год. Кількість таких установок повинна бути мінімум 2 шт.: одна робоча, один резервна.

Розрахунок установки періодичної дії

Місткість бака для активації рідкого скла хлором визначають за формулою

$$W_{AK} = \frac{D_{AK} q T}{K}, \text{ м}^3 \quad (5.5)$$

де D_{AK} – доза АК, мг/дм³;

q – витрата оброблюваної води, м³/год;

T – тривалість заготівлі АК, год, приймається не менше 4 год;

K – концентрація розчину АК після розведення водою, г/м³.

Для швидшого перемішування рідкого скла з водою при його розбавленні подають стиснене повітря з інтенсивністю 3-5 л/с·м².

Схема установки для розчинення сухих флокулянтів

Сухі реагенти розчиняють у механічній мішалці, що має звичайно кілька пропелерів. Для запобігання утворення грудок і згустків порошок подають у бак з малою швидкістю і перемішують його з водою мішалкою або повітрям протягом 1-2 годин до утворення розчину однорідної консистенції (рис. 5.6).

Готування флокулянтів з желеподібних товарних продуктів

Поліакриламід (ПАА) промисловістю випускається в вигляді порошку, 7-8% гелю або високозв'язаної рідини. На очисних спорудах з них готують робочі розчини.

Робочий розчин 1-1,5% одержують з желеподібних товарних продуктів у баці **1** з мішалкою (рис.5.7). З бака **1** розчин циркуляційним насосом **2** перекачується у видатковий бак **3**, з якого він безупинно самотпливом надходить у дозувальний бачок **4**. Друге розведення розчину до концентрації 0,1-1% і транспортування його до місця введення в оброблювану воду роблять ежектором **5**.

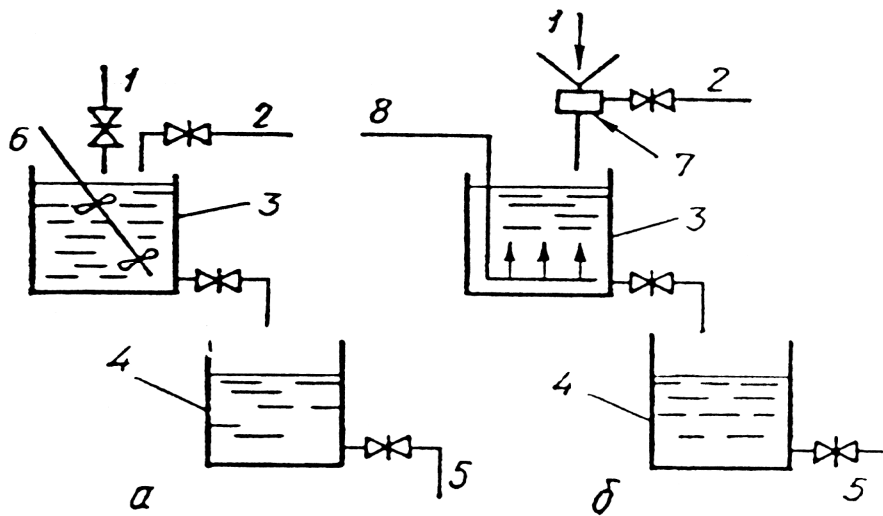


Рис. 5.6 - Схема установки для розчинення сухих флокулянтів:

а - механічне диспергування і перемішування; *б* - диспергування водою і перемішування повітрям; 1 - надходження флокулянта; 2 - подача води; 3 - бак для розчинення; 4 - бак готового розчину; 5 - подача готового розчину на споруди; 6 - механічна мішалка; 7 - диспергатор; 8 - подача повітря.

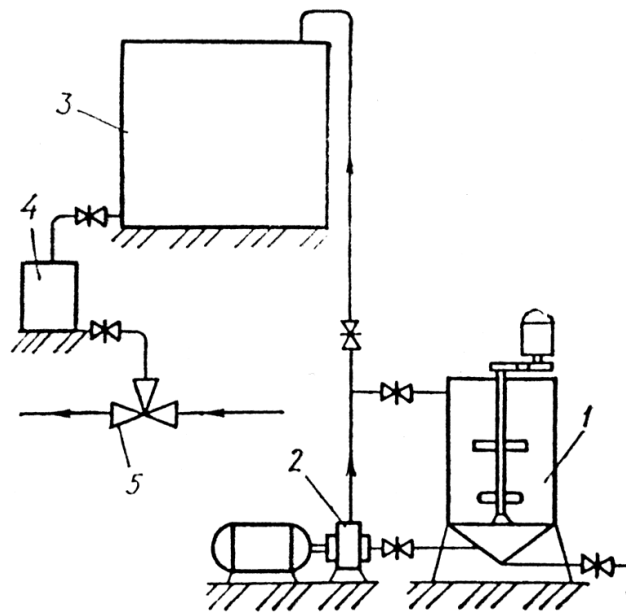


Рис. 5.7 - Механічна мішалка для розчинення ПАА (конструкції ПКБ АКХ)

і схема дозування робочих розчинів:

1 - бак з мішалкою; 2 - циркуляційний насос; 3 - видатковий бак; 4 - дозувальний бачок; 5 - ежектор.

Воду обробляють 0,1-1% розчином ПАА. Термін збереження запасів робочих розчинів ПАА менше двадцяти діб. Тривалість розчинення гелю ПАА 25-40 хв, сухого – 2 год. Виходячи з цього, визначають такі параметри установки: кількість мішалок; об'єм видаткових баків.

Існує два способи введення ПАА в оброблювану воду: безпосередньо перед фільтром (або контактним прояснювачем); перед відстійниками або прояснювачами зі зваженим осадом. ПАА вводять у воду після коагулянту. Час розриву між дозуванням цих реагентів визначається наступними співвідношеннями:

4 хв – при температурі 0-5⁰С и кольоровості більше 60 град ПКШ;

1,5-1,67 хв – при кольоровості 20 - 60 град ПКШ, каламутності 40 – 50 мг/дм³;

4 хв – при кольоровості менше 20 град ПКШ і каламутності більше 50 мг/дм³.

Час розриву між дозуванням рекомендується перевіряти в лабораторії.

5.3. ЗАСТОСУВАННЯ ВАПНА

Вапно на очисних спорудах господарсько-питного водопроводу може застосовуватися для поліпшення умов пластівцеутворення; стабілізаційної обробки води; зм'якшення та знезалізення.

Вапно CaO одержують випалом крейди, вапняків і доломітів. У залежності від подальшої обробки обпаленого продукту розрізняють негашене вапно (в основному CaO) - комову кипілку і мелене, гідратне вапно або гашене вапно (в основному $Ca(OH)_2$), вапняне тісто ($Ca(OH)_2$ + вода). Негашене вапно надходить навалом у критих залізничних вагонах.

При використанні комового вапна-кипілки, спочатку її необхідно погасити, потім перетворити у вапняне молоко або розчин. При гасінні вапна відбувається її гідратація з виділенням тепла:



Тонкомолоте вапно–кипілька CaO і гашене вапно Ca(OH)_2 може вводиться в оброблювану воду в порошкоподібному вигляді. Для цього застосовується дозатор сухих реагентів.

Відомо, що вапно характеризується низькою розчинністю в воді – лише $1,23 \text{ г/дм}^3$ при $t=20^\circ\text{C}$. Тому розчин вапна рекомендується готувати за умов, що витрати вапна не перевищують $0,25 \text{ т/добу}$, в іншому випадку буде необхідна апаратура значних розмірів. Для того, щоб приготувати насичений розчин вапна використовують спеціальні сатуратори.

В більшості випадків, коли витрати вапна перевищують $0,25 \text{ т/добу}$, практикують приготування вапняного молока, тобто суспензії, а не розчину.

Технологічні схеми готування залежать від виду і якості товарного продукту, витрати і місця введення вапна. Існують наступні технологічні схеми:

1. Технологічна схема готування, що використовує привізне вапняне молоко або тісто (рис. 5.8).

У даних технологічних схемах використовують обладнання для того, щоб відібрати тісто або цистерну для доставки молока, баки з гідравлічним перемішуванням для 30% вапняного молока, а також обладнання для його очищення, видаткові баки і дозатори для суспензій.

При сухому збереженні обладнають склад сухого продукту. У технологічній схемі використовуються дробарки, вапногасилки, обладнання для очищення вапняного молока, гідравлічні мішалки, видаткові баки і дозатори реагентів. При мокрому збереженні влаштовують склад сухого збереження, дробарки, вапногасилки, сховища розчинів, пристрій для добору і транспортування тіста, гідравлічні мішалки, пристрої для очищення вапняного молока, дозатор суспензій.

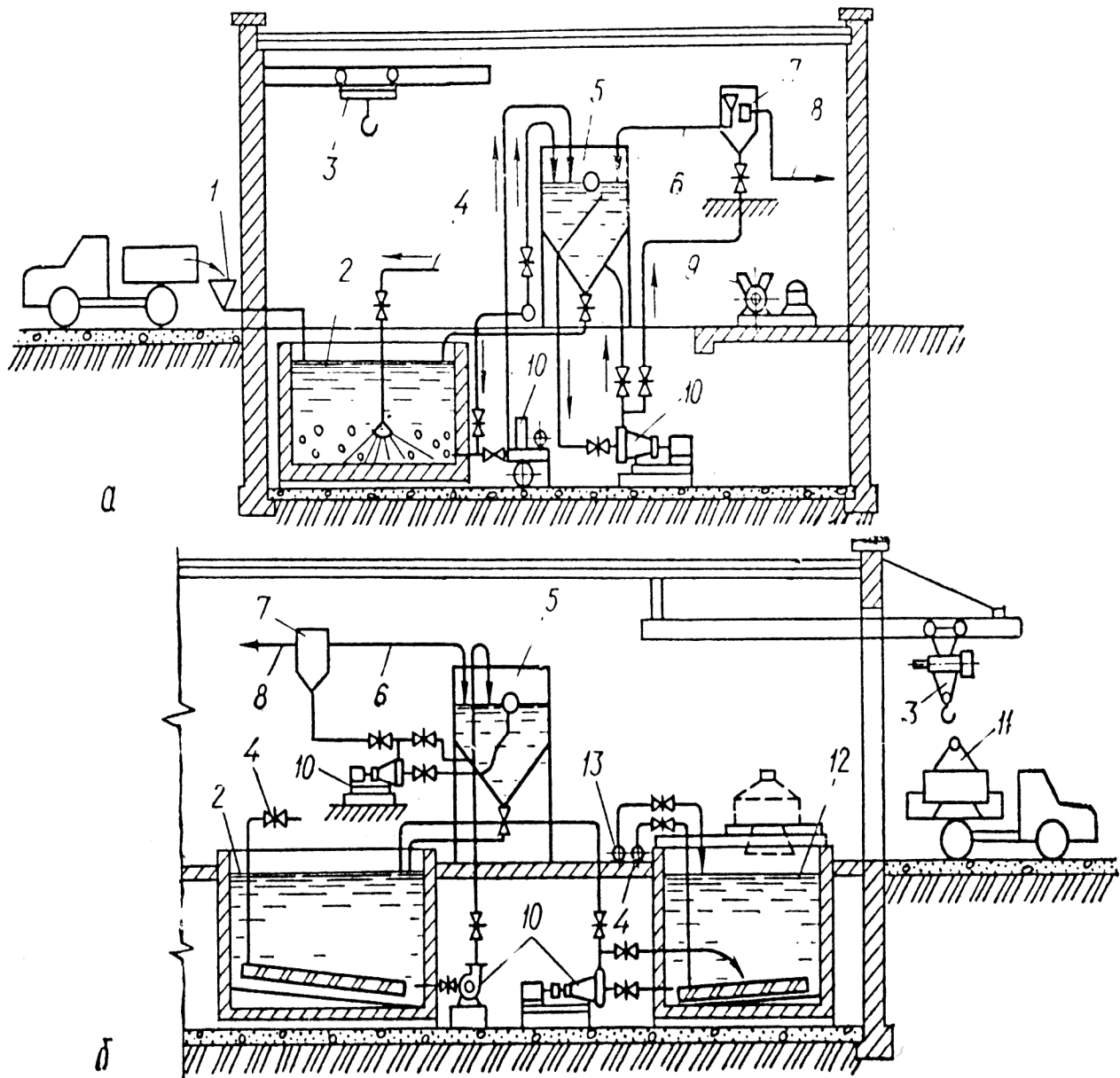


Рис.5.8 - Схема вапняного господарства, що використовує привізне вапняне молоко (а) або тісто (б):

1 – лійка для зливу 30%-го вапняного молока; 2 – бак-сховище 30%-го вапняного молока; 3 – кран-балка або таль з електроприводом; 4 – трубопровід для подачі стиснутого повітря; 5 – циркуляційна мішалка для 5%-го вапняного молока; 6 – переливи з дозатора; 7 – дозатор для суспензій; 8 – трубопровід для подачі віддозованого вапняного молока; 9 – повітродувка; 10 – насоси; 11 – контейнери для 50%-го вапняного тіста; 12 – бак для готування 30%-го вапняного молока; 13 – водопровід.

2. Використання грудкового вапна.

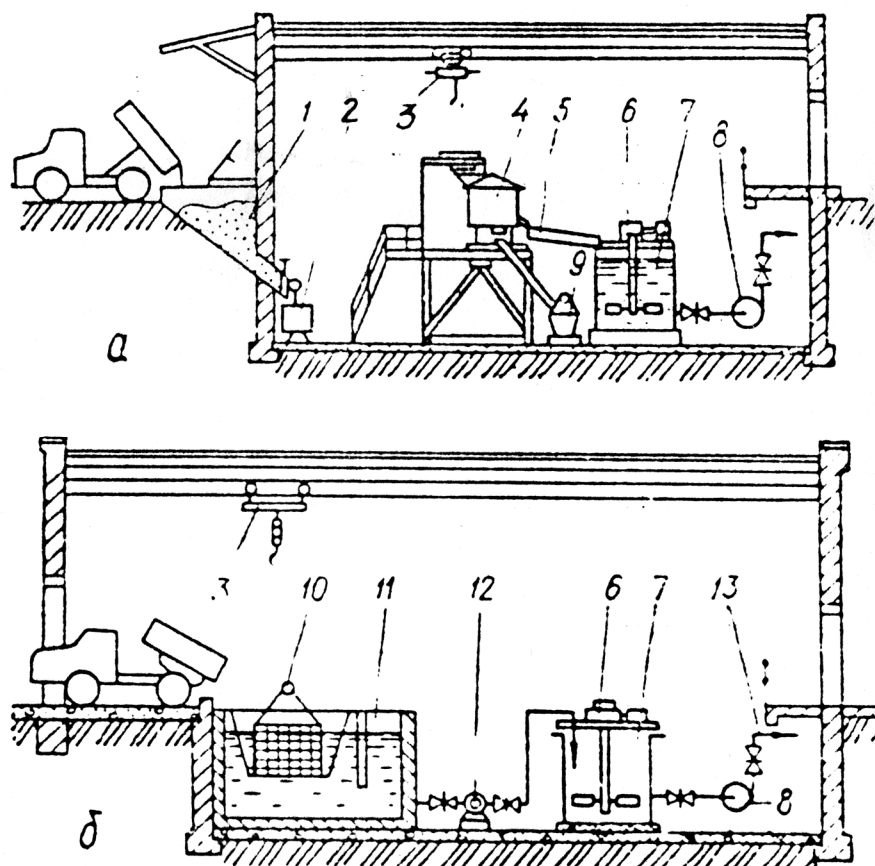


Рис. 5.9 – Схема вапняного господарства, що використовує грудкове вапно при сухому (а) і мокрому (б) збереженні:

1 – бункер; 2 – контейнер; 3 – кран-балка або таль з електроприводом; 4 – вапногасилка; 5 – зливальний жолоб; 6 – пропелерна мішалка; 7 – бак для вапняного молока; 8 – насос-дозатор; 9 – контейнер для скидання відходів; 10 – кошик; 11 – бак для вапняного тіста; 12 – насоси; 13 – трубопровід для подачі вапняного молока у змішувач.

3. При невеликій продуктивності очисних споруд ($Q \leq 3\,000\text{ м}^3/\text{доб}$) вапняний розчин одержують за наступною схемою: склад мокрого зберігання - пристрій для добору тіста – сатуратор подвійної дії – дозатор для розчинів. Сатуратор подвійної дії являє собою високий циліндричний бак, розділений конічним дном на два відділення (рис. 5.10). Вапняне молоко попадається спочатку у верхнє відділення, а потім подається у нижнє відділення, цикл повторюється до повного заповнення сатуратора. Час роботи сатуратора 12-24 години при кон-

центрації вапняного молока 10-15%. Потім воду подають наверх. Насичений розчин піднімається, прояснюється і зверху сатуратора відводиться в змішувач.

4. *Сухе дозування вапна* можливе при постійному забезпеченні порошкоподібним продуктом. Схема включає в себе склад сухого збереження реагенту, дозатор порошкоподібних речовин і змішувач.

Грудкове вапно гасять в вапногасилках слідуєчого типу: лопатевих, барабанних, термомеханічних, бігункових та фрезерних. Баків для вапняного молока або розчину має бути не менше двох. Концентрація вапняного молока у видаткових баках повинна бути не більше ніж 5% у перерахуванні на CaO . У більшості випадків, коли витрата вапна більше ніж 25 т/добу, практикується готування вапняного молока, тобто суспензії, а не розчину. Вапно поступає в негашеному вигляді, направляється в вапногасилки, де проходить його гасіння. Найбільш поширені наступні види вапногасилок: механічна лопатева С-322, продуктивність 1 т/год; термомеханічна С-703, продуктивність 1,5 т/год.

Після вапногасилки 30% вапняне молоко поступає в бак, де його концентрація знижується до 3 – 5%. Цей процес повинен супроводжуватися постійним перемішуванням для того, щоб піддержувати частинки вапна в завислому стані. Застосовують наступні види перемішування: гідравлічне перемішування за допомогою циркуляційного насоса (служить для подачі вапняного молока в дозатор); барботаж – подача стиснутого повітря від повітродувки; перемішування в баках з лопатевими мішалками, що обертаються навколо вертикальної осі.

Якщо вапняне молоко застосовується для *стабілізаційної обробки*, воно не повинне містити: шкідливих домішок; забруднень. Для очищення вапняного молока застосовують наступні споруди: гідро циклони або вертикальні відстійники (СНіП, п. 6.36).

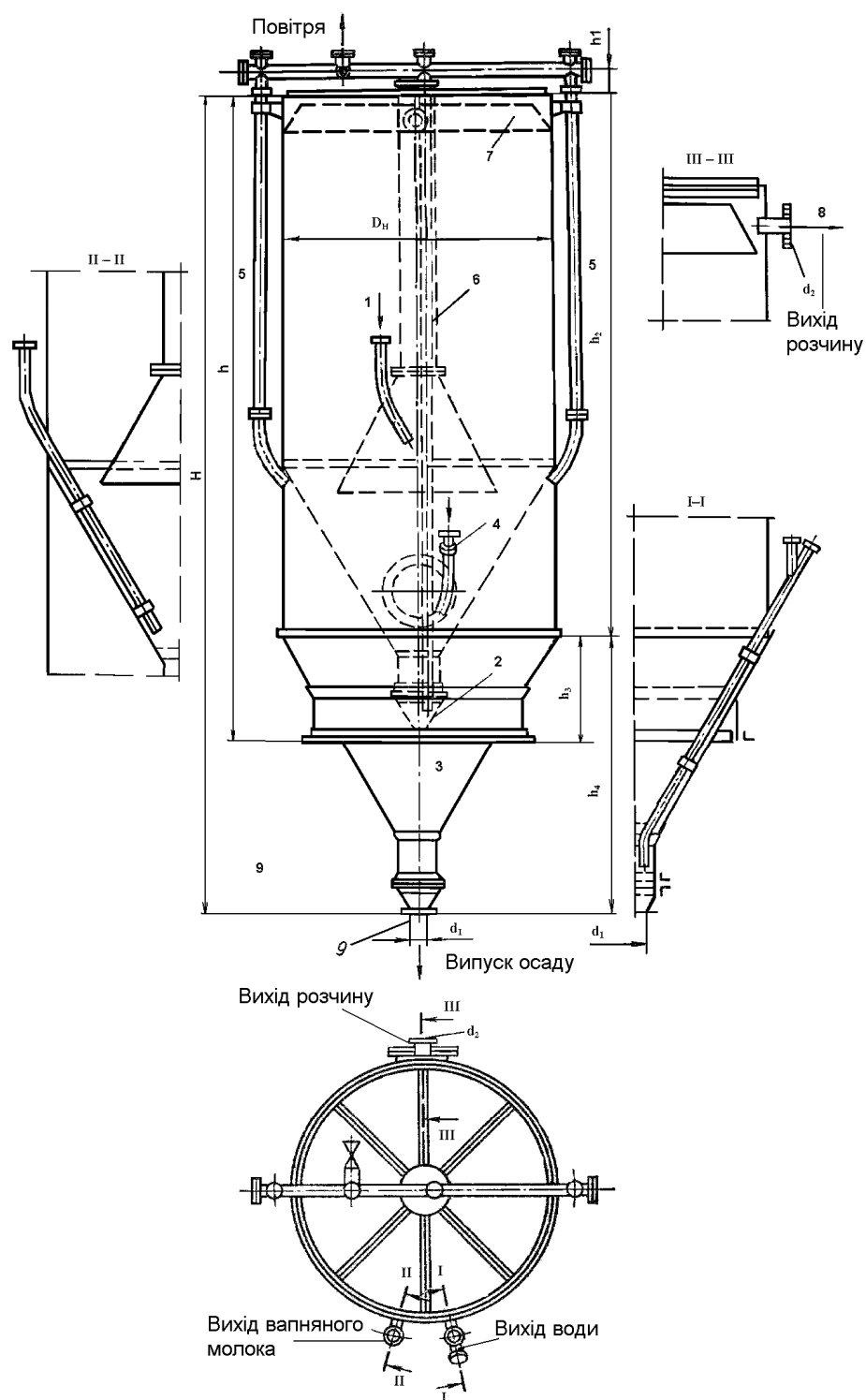


Рис.5.10 - Сатуратор подвійного насичення

5.4 .ПОСЛІДОВНІСТЬ УВЕДЕННЯ РЕАГЕНТІВ

Реагенти подають у воду так, щоб очищення води закінчилося в комплексі очисних споруд. Тому реагенти зазвичай вводять на початку очисних споруд, де вони швидко перемішуються з усією масою води.

Виключення складають реагенти, призначені для усунення повторного бактеріального забруднення; захисту трубопроводів від корозії. У цьому випадку реагенти, що не містять зважених речовин і не утворюючи їх при взаємодії із сольовим складом води, можна вводити в очищену воду.

Коагулянти подають у воду до її надходження на очисні споруди або додають у першу ж споруду – змішувачі.

Флокулянти вводять через 2-3 хв після додавання коагулянту: наприкінці змішувача або на початку камер пластівцеутворення.

При обробці води ПАА перед фільтрами або перед контактними прояснювачами, час надходження його на ці споруди повинен бути мінімальним.

При введенні перед фільтрами АК та її доза призначається таким чином, щоб забезпечити їхній оптимальний режим роботи.

Лужні реагенти подають у воду в тих же місцях, що і коагулянти.

Таблиця 5.1 - Послідовність і інтервали введення реагентів

Характеристика води	Реагенти, що застосовуються для обробки	Послідовність введення реагентів в воду
Не має запахів і присмаків	Хлор, коагулянт	Первинне хлорування, через 2-3 хв коагулянт
Із запахом і присмаком, із хлорфенольним запахом	1.Коагулянт, озон 2.Хлор, перманганат калію, коагулянт 3. Хлор, активоване вугілля, коагулянт 4. Хлор, перманганат калію, коагулянт	Коагулянт, озон перед фільтрами або в фільтровану воду. Первинне хлорування, через 10 хв перманганат калію, через 2-3 хв коагулянт. а) первинне хлорування, через 10-15 хв активоване вугілля, через 10 хв коагулянт. б) первинне хлорування, через 2-3 хв коагулянт, активоване вугілля дозою до 5 мг/дм ³ перед фільтрами Первинне хлорування через 10 хв перманганат калію через 10-15 хв активоване вугілля через 10 хв коагулянт
Із запахом і присмаком, при хлоруванні з'являється хлорфенольний запах	1. Аміак, хлор, коагулянт 2. Коагулянт, озон 3. Перманганат калію, хлор, коагулянт 4. Аміак, хлор, перманганат калію, коагулянт 5. Перманганат калію хлор, активоване вугілля, коагулянт	Аміак, через 2-3 хв первинне хлорування через 2-3 хв коагулянт Коагулянт, озон перед фільтрами або в фільтровану воду Перманганат калію, через 10 хв хлор, через 2-3 хв коагулянт Аміак, через 2-3 хв хлор, через 10 хв перманганат калію, через 2-3 хв коагулянт Перманганат калію, через 10 хв хлор, через 10-15 хв активоване вугілля, через 10 хв коагулянт

Примітки:

1. При недостатній лужності для коагуляції, вапно або соду вводять одночасно з коагулянтом.
2. Для знезаражування хлор необхідно вводити в прояснену воду.
3. Флокулянти вводяться через 2 – 3 – хв. після коагулянту.

У випадку неможливості забезпечити необхідні інтервали часу між введенням окремих реагентів у трубопроводи перед станцією очищення води і змішувачем допускається пристрій додаткових змішувачів і контактних резервуарів, конструкція яких не повинна допускати можливості осадження реагентів, що вводяться у вигляді суспензії.

Контрольні запитання

1. Технологічна схема мокрого збереження коагулянту.
2. Технологічна схема сухого збереження коагулянту.
3. Визначення об'ємів видаткового і розчинного баків.
4. Два типи установок для приготування АК.
5. Установка періодичної дії для готування АК.
6. Установка безперервної дії для готування АК, активована сульфатом алюмінію.
7. Установка безперервної дії для готування АК, активована хлором.
8. Установки для розчинення сухих флокулянтів.
9. Готування флокулянтів з желеподібних товарних продуктів.
10. Технологічні схеми вапняного господарства, що використовують привізне вапняне молоко або тісто.
11. Технологічні схеми вапняного господарства, що використовують грудкове вапно.
12. Мета використання вапна на очисних спорудах водопроводу.
13. Послідовність уведення реагентів на очисних спорудах водопроводу.

РОЗДІЛ 6. ДОЗУВАННЯ РЕАГЕНТІВ

На очисних спорудах застосовують дозатори таких видів: дозатори сухих реагентів; суспензій; розчинів і газів.

У дозаторах сухих реагентів реагенти подають у відкритий потік або у спеціальний змішувач, в якому сухий реагент швидко розчиняється.

Дозатори суспензій, розчинів, і газів бувають двох типів: пристосовані для дозування реагентів у відкритий потік або напірні дозатори.

За принципом дії дозатори розподіляють таким чином:

- постійної витрати (установлюються на очисних спорудах з рівномірною витратою води);
- пропорційної витрати, що автоматично змінюють дозу реагенту при зміні витрати оброблюваної води і розраховані на підтримку заданих параметрів якості води.

Найпростішим дозуючим пристроєм постійної витрати є дозатор системи В.В. Хованського.

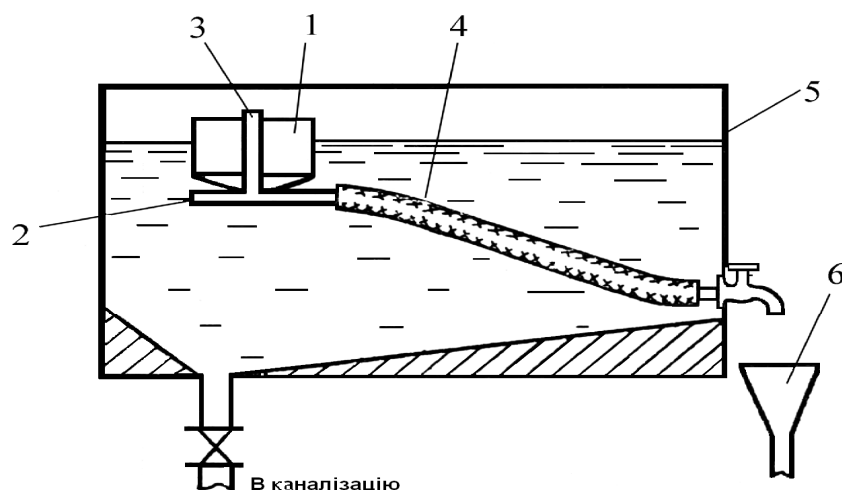


Рис. 6.1. - Схема дозатора розчинів постійної витрати:

1 – поплавець; 2 – дозуюча діафрагма; 3 – повітряна трубка; 4 – гумовий шланг; 5 – бак; 6 – прийомна лійка.

Поплавець вміщений у розчинний бак підтримує на певній глибині діафрагму і трубку, з'єднану з гнучким випускним шлангом. Він опускається і піднімається в залежності від рівня розчину в баці, тому напір над отвором діафрагми, швидкість витікання і подача розчину залишаються постійними в часі.

Для запобігання підсмоктуванню повітря через діафрагму наприкінці рукава і поплавця встановлена відкрита вертикальна трубка, припаяна до поплавця і трубки дозатора.

Дозатор пропорційної витрати

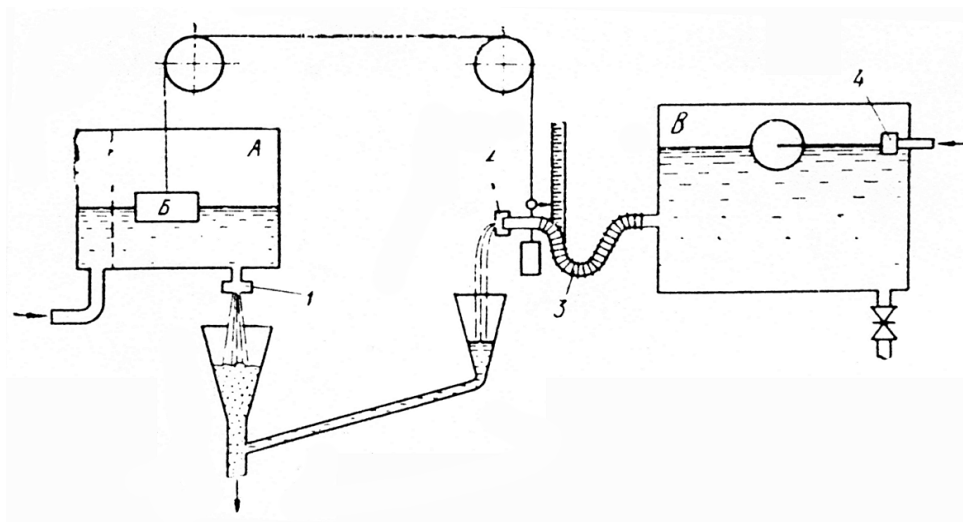


Рис. 6.2. - Схема дозатора розчину пропорційної витрати:

1 – патрубок з діафрагмою; 2 – трубка з діафрагмою; 3 – дозуюча трубка; 4 – кран;
А – водомірний бак дозатора; Б – поплавець; В – бак з розчином реагенту.

Більша частина потоку води на розподільному водозливні надходить у змішувач, менша – у водомірний бак А дозатора і далі через патрубок з діафрагмою 1 також зливається у змішувач.

Поплавець Б, що плаває у водомірному баці А, утримує на тросі (перекинутому через блок) рухому трубу з діафрагмою 2 на кінці. Ця трубка дає змогу дозувати реагент в воду, яка підлягає очищенню.

Рівень розчину реагенту в баці В підтримується постійним за допомогою кульового крана 4.

Якщо кількість води, що надходить на обробку, збільшується, то водночас зростає і її приплив у водомірний бак **А**, внаслідок чого рівень води в баці підвищується. Поплавець **Б** спливає, дозуюча трубка **З** опускається, і витрата розчину реагенту зростає пропорційно витратам оброблюваної води.

Дозатором пропорційної витрати реагенту, що діє автоматично, є *дозатор системи Чейшвіллі-Кримського*, дія якого заснована на використанні різниці електропровідності ще некоагульованої води і цієї ж води після введення в неї коагулянту.

Напірний шайбовий дозатор використовують для дозування прояснених розчинів коагулянтів, соди, гідроксиду та гексаметафосфату натрію. Принцип дії заснований на перепаді тисків у діафрагмі, встановлюваної на трубопроводі оброблюваної води.

Дозатор суспензій розраховується на підтримку заданих параметрів якості оброблюваної води (рис. 6.3). Його роботою керує контактний рН-метр **7**, що записує значення рН на картограмі. Частина води, обробленої вапняним молоком у вертикальному змішувачі **9**, надходить у вимірювальну комірку **8**, що являє собою датчик зі скляними каломельними електродами.

Якщо рН води відхиляється від заданого значення на величину, більшу ніж на 0,1, контакти рН-метра, обладнаного роз'єднувальним трансформатором **6**, замикаються і на проміжне реле реверсивного магнітного пускача **3** надходить сигнал на включення електродвигуна дозуючого органа – конусного клапана дозатора.

Якщо рН більше заданої величини, замикаються контакти рН-метру, що подають імпульс на закриття, якщо ж значення рН менше заданої величини, то подається імпульс на відкриття клапана дозатора.

Суспензія вапняного молока з гідравлічної мішалки **1** насосом **10** подається в дозатор **2** з деяким надлишком. Це забезпечує підтримку в дозаторі підвищеної швидкості висхідного потоку, що перешкоджає осадженню часточок суспензії. Її надлишок повертається в мішалку.

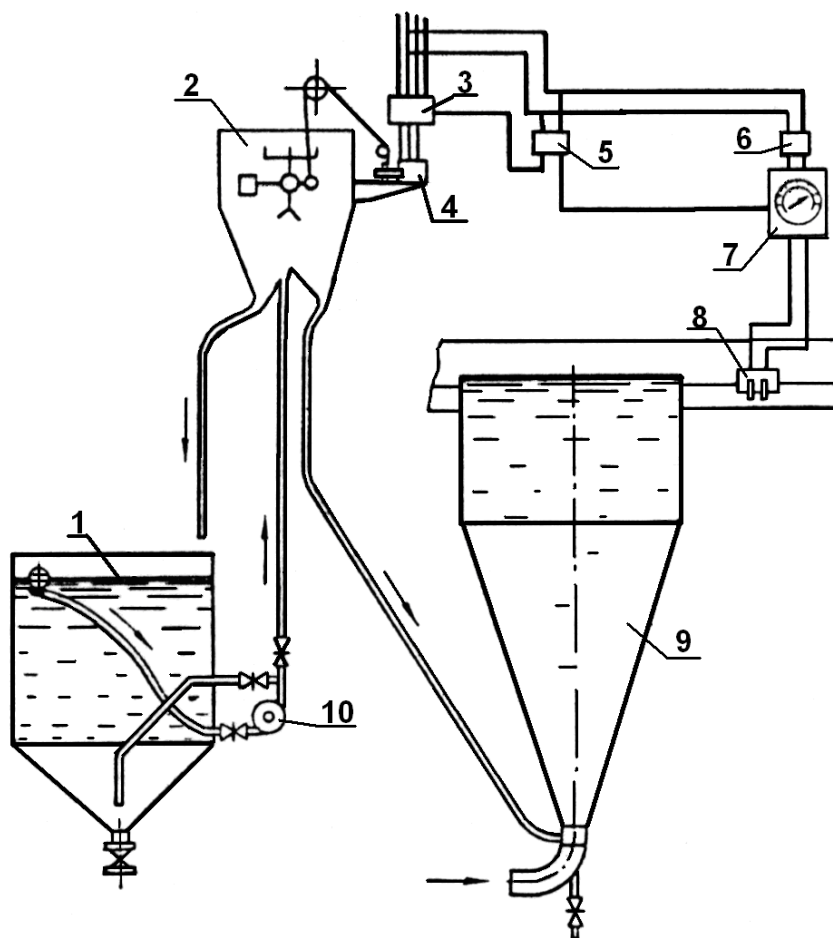


Рис. 6.3. – Схема дозування вапняного молока для підтримки заданого значення рН води:

1 – бак з мішалкою для вапняного молока; 2 – дозатор; 3 – магнітний пускач; 4 – виконавчий механізм; 5 – переривач; 6 – трансформатор; 7 – рН-метр; 8 – датчик рН-метра; 9 – змішувач; 10 – насос.

Контрольні запитання

1. Назвіть типи дозаторів.
2. Яка класифікація дозаторів за принципом дії?
3. Охарактеризуйте принцип роботи дозатора постійної витрати.
4. Яким є дозатор пропорційної витрати?
5. Які конструктивні особливості дозатора суспензій?

РОЗДІЛ 7. ЗМІШУВАННЯ РЕАГЕНТІВ З ВОДОЮ

7.1. ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІШУВАННЯ РЕАГЕНТІВ З ВОДОЮ

Реагенти у воду подають так, щоб її очищення закінчувалося в наявному комплексі очисних споруд. Через це реагенти, як правило, вводять на початку технологічних споруд і швидко перемішують з усією масою оброблюваної води. Змішування виконують у спорудах, що називаються *змішувачами*.

З метою виключення повторного бактеріального забруднення, захисту трубопроводів від корозії, введення у воду відсутніх іонів і т.д. можна подавати реагенти й в інші точки технологічної схеми. Наприклад, у воду перед резервуарами чистої води вводять хлорну і вапняну воду, сполуки фтору, озонowo-повітряну суміш та інші. Реагенти в оброблювану воду можуть подаватися безпосередньо перед входом у прояснювачі із шаром зваженого осаду, контактні прояснювачі й фільтри.

Змішувачі призначені для швидкого й рівномірного змішування реагентів з усією масою оброблюваної води. Передбачається також можливість послідовного введення реагентів у воду з дотриманням необхідних інтервалів між їхньою подачею. Змішують реагенти з водою протягом 1—2 хв при мокрому дозуванні реагентів і не більше 3 хв при сухому.

За принципом дії розрізняють два основних типи змішувачів:

а) *гідравлічні*, в яких турбулентний потік створюється звуженнями або дірчастими перегородками (шайбові, вертикальні, перегородчасті, дірчасті змішувачі, вставки Вентурі та ін.);

б) *механічні*, в яких турбулізація потоку створюється мішалками різних типів, що приводяться в дію зовнішніми джерелами енергії, а також змішуванням у відцентровому насосі, у змішувачах з пропелерними і лопатевими мішалками.

При виборі типу змішувача треба враховувати конструктивні особливості, компонування технологічних споруд станції, її продуктивність і метод обробки води.

У змішувачах гідравлічного типу турбулентний потік створюється триразовим місцевим збільшенням швидкості потоку оброблюваної води з 0,4—0,6 до 1 м/с. У механічних змішувачах турбулентний потік створюється обертанням лопатей або пропелерів мішалки електродвигуном.

Змішувачі гідравлічного типу конструктивно прості й зручні в експлуатації, але при витратах води, менших за розрахункові, вони не забезпечують задовільного змішування її з реагентами.

Механічні змішувачі є ефективними спорудами змішування реагентів з водою. Однак, застосування пов'язане з підвищеними витратами електроенергії, що позначається на техніко-економічних показниках роботи водоочисної станції.

Серед гідравлічних змішувачів безнапірного типу найбільш поширені дірчасті, перегородчасті, вертикальні (вихрові), коридорні та ін. У них передбачається влаштування переливів і трубопроводів для випуску води та осаду в стік. Резервні змішувачі не ставлять, а влаштовують обвідні лінії в обхід змішувачів.

Дірчасті, перегородчасті, коридорні й вихрові змішувачі повинні мати не менше двох камер з терміном перебування води в них не більше 2 хв. Причому передбачається можливість знімання перегородок у дірчастому й перегородчастому змішувачах. Камери змішувачів періодично необхідно очищати від опадів, визначати рівномірність змішування реагентів з водою, швидкість її потоку на окремих ділянках і час перебування в камері змішувача.

7.2. ДІРЧАСТІ ЗМІШУВАЧІ

Дірчастий змішувач широко застосовують на станціях обробки води продуктивністю до 20—24 тис. м³/добу. Він являє собою залізобетонний лоток з трьома вертикальними перегородками. Перегородки встановлені перпендикулярно до руху води, в них розташовані в кілька рядів отвори. Вода, що витікає з отворів, створює велику кількість дрібних завихрень у лотку змішувача, що сприяє ефективному змішуванню реагентів з водою.

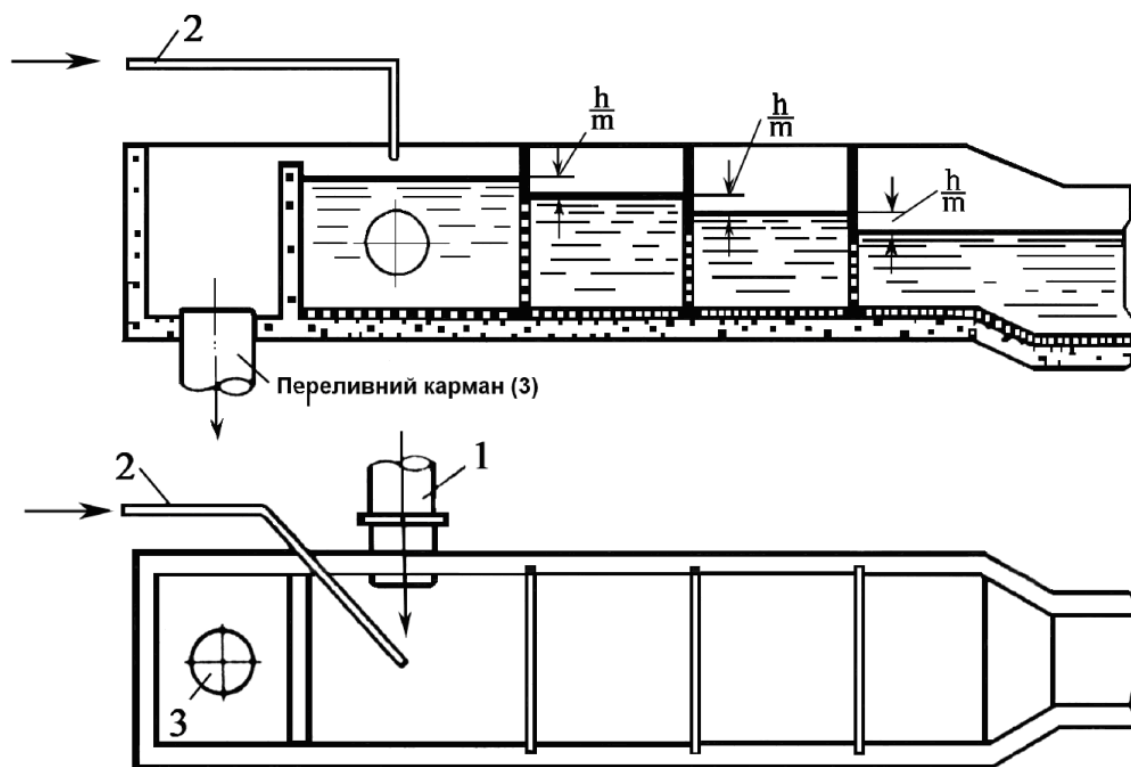


Рис. 7.1 – Дірчастий змішувач

Щоб виключити можливість насичення води пухирцями повітря, передбачають затоплення верхніх рядів отворів у перегородках на глибину 10—15 см. Швидкість руху води в отворах перегородок приймають рівною 1 м/с.

Розрахунок дірчастих змішувачів проводять у такому порядку. Число вертикальних дірчастих перегородок приймають звичайно рівною 3, відстань між ними рівною подвійній ширині лотка. Діаметр отворів у перегородках задають у межах:

від 20 мм — для станцій невеликої продуктивності;

до 100мм — для станцій продуктивністю 24 тис. м³/доб.

Задаючи діаметр отворів у кожній перегородці, їхню кількість n встановлюють за формулою

$$n = \frac{4 \cdot q}{v_0 \cdot \pi \cdot d^2}, \quad (7.1)$$

де q — розрахункова витрата води, що надходить у змішувач, м³/с;

v_0 — швидкість руху води в отворах (приймається рівною 1 м/с);

d — діаметр отворів, м.

Сумарна площа отворів у кожній перегородці не повинна перевищувати 30% її робочої площі. Отвори розташовують на затопленою водою частині перегородки; верхній ряд отворів повинен бути на глибині 0,10—0,15 м.

Утрату напору h при проходженні води через отвори перегородки визначають за формулою

$$h = \frac{v_0^2}{2 \cdot g \cdot \mu^2}, \quad (7.2)$$

де g — прискорення сили ваги (дорівнює 9,81);

μ — коефіцієнт витрати, що залежить від відношення діаметра отвору d до товщини перегородки δ , приймається рівним

$$\begin{array}{ll} \frac{d}{\delta} = 2 & \frac{d}{\delta} = 1 \\ \mu = 0,65 & \mu = 0,75 \end{array}$$

Ширину лотка дірчастого змішувача визначають за швидкістю руху води в ньому, яку приймають більше ніж 0,6 м/с.

Знайшовши втрату напору в перегородці і задаючи глибину H в кінці змішувача (звичайно в межах 0,4—0,5 м), визначають рівень води на початку змішувача. На позначку рівня води на початку змішувача повинна бути підведена вода насосами станції першого підйому.

Як показують результати дослідження дірчастих змішувачів на водопровідних станціях, при зниженні витрати води в них спостерігається нерівномірність змішування з реагентами за висотою камери.

7.3. ПЕРЕГОРОДЧАСТІ ТА КОРИДОРНІ ЗМІШУВАЧІ

Перегородчастий змішувач (з поділом потоку за шириною лотка) має три перегородки: у першій і третій проходи розташовуються в центрі, а в середній — два бічних проходи біля стінок лотка (рис. 7.2). Потік води через такі проходи в перегородках викликає зміну напрямку її руху в межах лотка, а підвищені

швидкості в звужених місцях проходів створюють завихрення, які сприяють найбільш рівномірному і повному змішуванню реагенту з оброблюваною водою. Для усунення засмоктування повітря у воду верхні крайки проходів повинні обов'язково бути затопленими на 0,10—0,15 м.

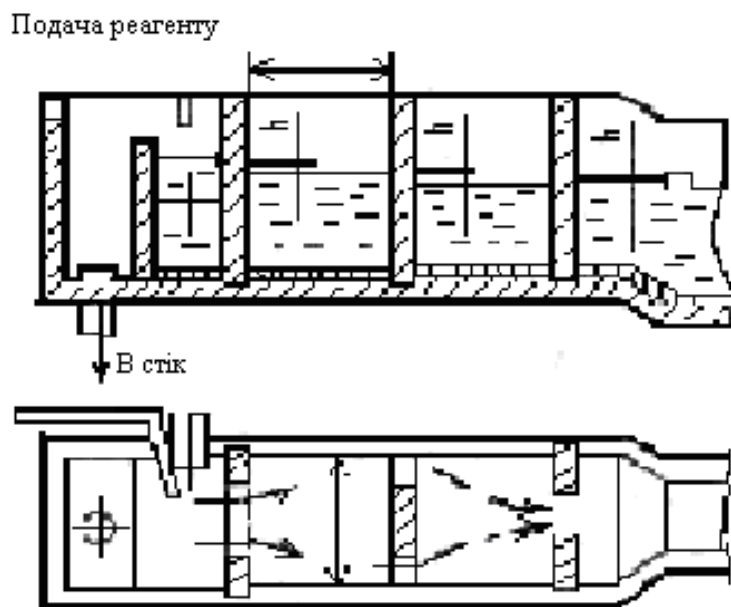


Рис. 7.2 – Перегородчастий змішувач

Відстань між перегородками дорівнює подвійній ширині лотка. Швидкість руху води в ньому приймають рівною не менше 0,6 м/с, а в проходах 1 м/с. Утрата напору в кожному проході при цьому складає 0,15 м. Для станцій продуктивністю більше 300 тис. м³/добу дозволяється застосовувати коридорні змішувачі типу змішувачів Мосводопроводу. Змішування реагентів з водою відбувається внаслідок частих поворотів потоку, обумовлених розташуванням направляючих перегородок.

На очисних спорудах, де вода обробляється каустичним магнезитом, вугільним або вапняним молоком, застосування дірчастих і перегородчастих змішувачів не рекомендується. Швидкість руху води в змішувачі не забезпечує підтримки частинок вапна у зваженому стані, що приводить до їхнього осадження перед перегородками.

Коридорні змішувачі застосовуються на очисних спорудах продуктивністю більше 300 тис. м³/добу. Змішування реагентів відбувається внаслідок час-

тих поворотів потоку, обумовлених розташуванням направляючих перегородок. Відстань між перегородками приймають більше 0,7 м. Швидкість руху в коридорах 0,6 м/с при періоді змішування 2 хв, 0,9 м/с – при 1,5 хв.

Позначивши витрату води, що проходить через очисні споруди, як q , *розрахунок перегородчастого змішувача* проводимо за формулою

$$q = b_1 \cdot (H + 2h' - h_3) \cdot v_n = 2b_2 \cdot (H + h' - h_3) \cdot v_n = b_3 \cdot (H - h_3) \cdot v_n \quad (7.3)$$

де b_1, b_2, b_3 - ширина проходів у перегородках, м;

v_n - швидкість руху води в проходах, м/с;

h' - утрата напору в кожному проході, м;

h_3 - заглиблення проходів у перегородках, м;

H - глибина води в лотку змішувача за перегородками (приймають рівною 0,4—0,6 м).

7.4. ВИХРОВІ (ВЕРТИКАЛЬНІ) ЗМІШУВАЧІ

На станціях з обробкою води вапняним і вугільним молоком, каустичним магнезитом застосовувати перегородчасті й дірчасті змішувачі не рекомендується. У цьому разі найбільш придатні для експлуатації вихрові (вертикальні) змішувачі. Вертикальний змішувач являє собою круглий або квадратний (у плані) резервуар з конічною або пірамідальною нижньою частиною. Центральний кут між похилими стінками має складати 30—40°. Вода у вихровому змішувачі перемішується за рахунок зміни швидкості висхідного потоку при переході від вузької (нижньої) до широкої (верхньої) частини змішувача.

Реагенти вводять в нижню частину змішувача. Збирають воду у верхній частині змішувача в периферійний переливний жолоб або в затоплену лійку.

Рух часточок розчинної речовини у завислому стані в турбулентному висхідному потоці води забезпечує відносно повне їхнє розчинення. Найбільш великі часточки перебувають у нижній зоні підвищених швидкостей.

Вихрові змішувачі проектують на час перебування в них води протягом 1,5—2 хв, а при реагентному пом'якшенні — до 3 хв. Систему збірних відвід-

них труб або лотків розраховують за швидкістю руху води в них, яку приймають 0,6 м/с. Швидкість виходу води з підвідного трубопроводу приймають рівною 1-1,5 м/с, швидкість висхідного потоку води на рівні водозбірних пристроїв змішувачів — 25 мм/с.

Застосовують вихрові змішувачі на станціях великої і середньої продуктивності за умови, що навантаження води на один змішувач не перевищує 1200—1500 м³/год. При проектуванні станцій обробки води із застосуванням прояснювачів зі зваженим осадом вертикальні змішувачі слід пристосовувати для повітровідокремлення. Висоту вертикальних стінок вихрового змішувача приймають не менше 2,5—2 м. Змішану з реагентом воду відбирають через затоплені у воду на глибину 0,6—0,9 м отвори. Для захисту отворів розподільних трубопроводів прояснювачів від забивання великою скоагульованою суспензією воду при виході зі змішувача проціджують через сітки з діаметром комірок 5—7 мм.

Вертикальний вихровий змішувач має велику перевагу порівняно з перегородчастим і дірчастим при зм'якшенні води вапнуванням, оскільки в ньому частково пом'якшується вода з відкладеннями на нерозчинних часточках вапняного молока твердого карбонату кальцію. Це приводить до підвищення стабільності води, що виходить з вертикального змішувача, в результаті чого зменшується кількість відкладень по шляху руху води і змінюється структура самих карбонатних відкладень.

Розрахунок вихрового змішувача зводиться до знаходження повного об'єму змішувача за формулою

$$W = \frac{Q \cdot t}{60}, \quad (7.4)$$

де Q — продуктивність очисних споруд, м³/год;

t — тривалість змішування реагенту з водою, приймають рівною 1,5-2 хв.

Об'єм пірамідальної частини визначають за формулою

$$W_H = \frac{1}{3} h_H (f_b + f_H + \sqrt{f_b \cdot f_H}) \quad (7.5)$$

де f_b – площа горизонтального перетину у верхній частині змішувача, м²;

f_h – площа нижньої частини усіченої піраміди, м².

Площа всіх затоплених отворів у стінках скидного лотка

$$F_0 = \frac{Q_{\text{зод}}}{3600 \cdot v_o}, \quad (7.6)$$

де v_o – швидкість руху через отвори лотка, приймають рівною 1 м/с.

7.5. ЗМІШУВАННЯ РЕАГЕНТІВ У ТРУБОПРОВОДІ

Напірний трубопровід можна використовувати як найпростіший змішувач, що подає воду від насосної станції першого підйому на очисну станцію. При подачі реагентів у напірний водопровід необхідно дотримуватись наступних умов:

- прийомна лійка в місці введення розчину реагентів повинна бути вище лінії п'єзометричного тиску води в трубі;
- між місцем введення і кінцем труби не повинно бути засувки, що застосовуються для регулювання кількості води, яка надходить на очисні споруди;
- довжина ділянки, на якій відбувається змішування, має бути не менше 50 діаметрів трубопроводу.

Турбулентність потоку створюється при швидкості руху води в трубопроводі 1,0—1,5 м/с. Для кращого змішування розчину реагентів з оброблюваною водою і скорочення довжини ділянки рекомендується влаштовувати звуження в напірному водопроводі у вигляді труби Вентурі або діафрагми (шайби). Ці звуження дозволяють дещо знизити п'єзометричний тиск у місці введення розчину реагентів у трубопровід і, отже, зменшити висоту розташування дозатора. Такі дросельні пристрої забезпечують появу вихрових потоків в оброблюваній воді, що сприяє змішуванню її з реагентами. Утрата напору в них не повинна перевищувати 0,3—0,4 м. Труба, що підводить розчин реагенту в напірний трубопровід, повинна доходити до його середини, а її кінець має бути

зрізаний під кутом 45° . Трубу виготовляють із пластмаси або скла і зміцнюють у напірному трубопроводі сальником. У тих випадках, коли висотне розташування напірного водопроводу і дозувальних пристроїв не забезпечує подачі розчину реагенту у водовід самопливом, можна застосовувати установку з ежектором.

Розрахунок шайбового змішувача.

Спочатку визначається витрата води на один водовід Q_v , $\text{м}^3/\text{с}$. Потім за таблицями Шевелєва встановлюють діаметр водоводу за розрахунковою швидкістю $v_1 = 1\text{-}2$ м/с, звуженої ділянки труби за швидкістю $v_2 \geq 3$ м/с.

Відношення площ перетинів трубопроводів визначають по формулі

$$m = \frac{f_1}{f_2}, \quad (7.7)$$

де m – коефіцієнт співвідношення площ трубопроводів;

f_1, f_2 – площі водоводу і звуженої ділянки відповідно.

Секундну витрату знаходять за формулою

$$q_c = \mu \cdot f_1 \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h}{m_1^2 - 1}}. \quad (7.8)$$

Різницю позначок рівнів води в п'єзометрах визначають за формулою

$$\sqrt{h} = \frac{q_c \sqrt{m_1^2 - 1}}{\mu \cdot f_1 \sqrt{2 \cdot g}}; \quad (7.9)$$

$$h = z_1 - z_2 \quad (7.10)$$

$$z_1 = h_{cm,1} + D/2 \quad (7.11)$$

$$z_2 = h_{cm,2} + d/2 \quad (7.12)$$

При виборі співвідношення діаметрів прохідного отвору діафрагми і трубопроводу слід виходити з умови, щоб втрати напору в діафрагмі складали 0,3-0,4 м:

$$h_c = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}, \quad (7.13)$$

При установці ежектора розраховують наступні параметри. Вакуум в ежекторі визначають за формулою

$$B = \frac{H \cdot f_1^2}{f_2^2} - H, \quad (7.14)$$

де H – напір води, що підводиться до ежектора, м;

f_1, f_2 – площа перетину труби, що відводить, і звуженої ділянки відповідно, м².

Витрату знаходять за формулою

$$Q_s = \frac{q_s \cdot h}{\eta(H \cdot h)}, \quad (7.15)$$

де q_s – продуктивність ежектора, м³/год;

h – висота подачі води ежектором, м;

η – ККД ежектора, приймають в межах 0,1-0,15.

7.6. МЕХАНІЧНІ ЗМІШУВАЧІ

Якщо за умовами висотного розташування окремих споруд водоочисної станції не можна забезпечити перепад позначок, необхідний для змішувачів гідравлічного типу, можна влаштовувати змішувачі з механічним перемішуванням рідини.

Механічні змішувачі засновані на принципі механічного перемішування оброблюваної води з реагентами. Застосування їх особливо зручне при введенні декількох реагентів. Принцип їхньої роботи заснований на поступальному рухові води, що передається їй пропелером типу пароплавного гвинта. Тривалість перебування води в механічних змішувачах із пропелерними мішалками повинна складати 10—13 с, а з лопатевими мішалками з вертикальною віссю обертання — 30—60 с.

У змішувач вода разом з реагентами надходить знизу і виходить з нього зверху, або навпаки. Іноді для більш надійного перемішування встановлюють послідовно два механічних змішувачі.

Розрахунок механічних змішувачів пропелерного типу зводиться до визначення об'єму камери, потужності й діаметра мішалки.

Об'єм камери змішувача приймають рівним об'єму води, що надходить на очищення за 1—2 хв. При цьому кількість води, що просмоктується пропелером, визначають за формулою

$$Q_{\Pi} = \frac{W_{\Pi}}{60}, \quad (7.16)$$

де W_{Π} - об'єм розчину, м³;

n - число оборотів води в змішувачі за 1 хв. (зазвичай приймають рівним 5—10).

Діаметр мішалки знаходять, приймаючи швидкість води через пропелер рівною 1,5—2 м/с. Ця швидкість пов'язана з площею, що змітається пропелером, залежністю

$$V_0 = \frac{Q_{\Pi}}{F} = \frac{Q_{\Pi}}{0,94 \frac{\pi \cdot D^2}{4}}. \quad (7.17)$$

Число оборотів пропелера мішалки n_m знаходять за формулою

$$n_m = \frac{27,2 \cdot V_0}{D \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos^2 \varphi}, \quad (7.18)$$

де φ — кут нахилу лопатки гвинта (зазвичай приймають рівним 22°).

Потужність мотора N_m визначається виразом

$$N_m = \frac{N_0}{\eta_{\Pi}}, \quad (7.19)$$

де η_{Π} — ККД осі пропелера (приймають залежно від типу передачі рівним 0,60—0,95).

Напір, що розвивається пропелером, повинен забезпечити досягнення швидкості в змішувачі і подолати втрати напору в місцевих опорах. Цей напір дорівнює

$$H = \frac{1}{\eta_r} \left(h + \frac{V^2}{2 \cdot g} \right), \quad (7.20)$$

де η_r — гідравлічний ККД пропелера, рівний 0,8—0,9;

h — дорівнює 0,2 м.

При експлуатації змішувачів незалежно від їхнього типу і конструкції необхідно керуватися такими правилами. У всіх відкритих змішувачах повинні бути передбачені переливні труби, труби для спорожнювання змішувача і випуску осаду.

Змішувачі, призначені для споруд, до складу яких входять контактні прояснювачі або прояснювачі із завислим осадом, не повинні допускати можливість насичення оброблюваної води пухирцями повітря, для чого треба регулювати засувками рівень води в змішувачі так, щоб підняттям рівнів виключити або звести до мінімуму відкриті перепади й стрибки води.

Для захисту змішувачів від накопичення піску, гравію і рослинних забруднень повинні бути вжиті заходи для забезпечення надійності роботи вхідних пристроїв і сіток на водозаборі і насосній станції першого підйому. Для попередження виносу піску та інших забруднень у розподільні системи камер пластівцеутворення і контактних прояснювачів, дірчасті змішувачі необхідно періодично очищати від накопичених там забруднень частковим скиданням води у стік. Для цього повинні бути передбачені трубопроводи із засувками в нижній частині змішувачів.

У випадках, коли з тих чи інших причин не можна вводити розчини реагентів перед змішувачем, їх вводять через опускні труби з поверхні змішувача. При цьому глибина занурення труб визначається умовами розриву часу між введенням реагентів і якістю перемішування.

При відборі води із змішувача дірчастими трубами останні повинні бути затоплені і знаходитися нижче рівня води на глибині, що не допускає підсмоктування повітря; при відборі збірними жолобами вони повинні працювати з наповненням нижче переливних країв на 50 мм.

Контрольні запитання

1. Яке призначення змішувачів?
2. Наведіть класифікацію змішувачів за принципом дії.
3. Що таке дірчасті змішувачі?
4. Принцип дії перегородчастих і коридорних змішувачів.
5. Конструктивні особливості вихрових (вертикальних) змішувачів.
6. Особливості використання шайбового змішувача.
7. За яких умов можливе використання механічного змішувача?
8. Основні принципи експлуатації змішувачів.

РОЗДІЛ 8. КАМЕРИ ПЛАСТІВЦЕУТВОРЕННЯ

8.1. ВПЛИВ РЕЖИМУ РОБОТИ КАМЕР ПЛАСТІВЦЕУТВОРЕННЯ НА ПРОЦЕС ФОРМУВАННЯ ПЛАСТІВЦІВ

Укрупнення колоїдних часточок, що утворюються в процесі гідролізу коагулянтів, відбувається поступово протягом тривалого часу. Появі видимих пластівців передує утворення неміцних, пухких сіток (так звана *стадія прихованої коагуляції*). Останні потім розриваються на окремі пластівці, які осідають під дією сили ваги.

На структуроутворення також впливає сольовий склад води. Збільшення концентрації хлоридів і гідрокарбонатів підвищує стійкість виникаючих структур, а підвищення вмісту сульфатів знижує її. Тому в першому випадку утворюються великі пухкі пластівці, у другому — дрібні.

Стадії коагуляції. Процес коагуляції характеризується декількома стадіями. У момент змішування розчину коагулянту з водою ніяких змін не відбувається. Через деякий час з'являється *опалесценція* (опалесценція — явище розсіювання світла дрібними часточками, що знаходяться у воді), і вода каламутніє від утворення величезної кількості дрібних пластівців — до 5000 у 1 мл (початок утворення пластівців). Пластівці, що утворилися, укрупнюються, а число їх в одиниці об'єму зменшується. Коли воно досягне 5—10 у 1 мл, (кінець пластівцеутворення), починається помітне осадження пластівців.

Для інтенсивного прояснення і знебарвлення води звичайно прагнуть одержувати легкоосідаючі великі пластівці із дуже розвиненою поверхнею. Одночасно намагаються скоротити час формування пластівців. *Механізм процесу пластівцеутворення* визначається імовірністю зіткнення колоїдних часточок, що залежить від їхньої концентрації, рухливості й впорядкованості руху, а також від зчеплення часточок.

Концентрація колоїдних часточок у воді, що прояснюється, визначається в основному дозою коагулянту. Оптимальну дозу коагулянту, що забезпечує досягнення необхідного ефекту прояснення, встановлюють у лабораторії спробним коагу-

люванням. Відхилення від цієї дози призводить до перевитрати коагулянту або погіршення якості води.

Рухливість часточок залежить від температури і перемішування. Практикою встановлено, що швидкість пластівцеутворення сповільнюється при низькій температурі, а їх розмір і структура при цьому є незадовільними. За рахунок перемішування зниження ефекту коагулювання значно компенсується. При цьому прискорюється зростання часточок у результаті прискорених взаємних зіткнень і збільшується взаємний зв'язок між ними.

Установлено, що в інтервалі температур $3-18^{\circ}\text{C}$ при перемішуванні час пластівцеутворення складає 2—7% від часу, необхідного для досягнення того ж ефекту без перемішування, причому пластівці більш міцні. Тому на водопроводах улаштовують спеціальні камери пластівцеутворення, в яких перемішування здійснюється відповідними пристроями.

Для запобігання руйнуванню пластівців їх треба підтримувати в завислому стані при незначному перемішуванні. Встановлено, що перемішування впливає на пластівцеутворення тільки в тому випадку, коли розміри часточок золя досягли певної межі. На дрібні часточки, а тим більше на первинні, воно не впливає.

Експлуатаційні дані свідчать, що в каламутних водах утворення пластівців відбувається швидше і краще, ніж у прозорих. Каламуть з діаметром часточок менше 3 мкм (найбільш тонкий мул) відчутно поліпшує процес коагуляції. Аналогічна дія спостерігається під час контактування води з масою пластівців. Тому іноді для прискорення процесу в камери пластівцеутворення спеціально вводять суспензію глини або осаду з відстійників.

Утрата стійкості золів гідроксидів алюмінію або заліза (III) пояснюється тим, що осади, які вводяться, поглинають з адсорбційного шару міцели іонів, які додають колоїдним часточкам стійкість. Крім того, осади, введені як затравки, є своєрідними центрами агрегації. Велику роль у цьому процесі відіграє ортокінетична коагуляція.

Ортокінетична коагуляція — це захоплювання великими пластівцями дрібних у процесі осадження.

Дослідження показують, що процес флокуляції при використанні активної кремнієвої кислоти прискорюється від півтора до декількох десятків разів, у порівнянні з флокуляцією при очищенні води тільки сульфатом алюмінію. Особливо ефективно застосування АК при обробці коагулянтном природних вод у холодний період року, який характеризується млявою коагуляцією, утворенням дрібних і пухких пластівців.

Камери пластівцеутворення станцій реагентного прояснення та знебарвлення води призначені для протікання фізико-хімічних процесів, що обумовлюють утворення великих, міцних, легкоосідаючих пластівців гідроксидів металів з домішками, які вилучаються з води.

Доцільність установки камер пластівцеутворення відповідно до вимог СНіПу залежить від типу споруд, що передбачаються для прояснення води. Якщо в схемі очисних споруд передбачені *відстійники* будь-якого типу, то наявність камер пластівцеутворення є обов'язковою, оскільки успішна робота відстійників, за умови коагулювання суспензії, можлива тільки при попередній підготовці пластівчастої суспензії в камерах. Якщо ж для прояснення води передбачаються *прояснювачі*, які працюють за принципом пропуску води через шар зваженого осаду, то проектування спеціальних камер пластівцеутворення не потрібне, тому що реакція пластівцеутворення відбувається досить швидко безпосередньо у зваженому шарі прояснювача.

Оптимальні умови пластівцеутворення створюються в камерах при забезпеченні певного характеру, тривалості й інтенсивності перемішування води, що надійшла в камеру зі змішувача, де у воду був доданий розчин коагулянту.

Перемішування в камерах пластівцеутворення не повинне бути занадто інтенсивним, особливо наприкінці цих споруд, щоб не зруйнувати агрегатів, які утворилися. Характер перемішування води забезпечується конструктивним оформленням камери. Оптимальна тривалість перемішування досягається за рахунок певного об'єму

камери, а необхідна інтенсивність перемішування води — за рахунок зміни швидкості руху води або швидкості руху лопаток у механічних камерах пластівцеутворення.

При подальшому проясненні води у відстійниках для усунення руйнування пластівців у комунікаціях камери пластівцеутворення рекомендується виготовляти примикаючими або вбудованими у відстійники, таким чином, щоб вони становили одну споруду.

В окремо стоячих або примикаючих камерах пластівцеутворення відповідно до вимог СНіПу швидкість руху води у відповідних трубопроводах або каналах повинна бути не більше 0,1 м/с для каламутних вод і 0,05 м/с для кольорових.

Для спостереження за протіканням процесу формування пластівців над камерами доцільно влаштовувати павільйони шириною до 6 м.

У камерах пластівцеутворення рекомендується застосовувати гідравлічне перемішування і тільки іноді, коли за місцевими умовами це виявиться нераціональним, допускається механічне перемішування. Залежно від типу і конструктивного рішення камер пластівцеутворення час перебування оброблюваної води коливається від 6 до 40 хв.

Одержали поширення кілька типів камер пластівцеутворення, що відрізняються способом перемішування води, режимом формування пластівців і призначені для різних систем відстійників.

При проясненні води у вертикальних відстійниках камери пластівцеутворення коловоротного типу розташовують у центральній трубі. У випадку застосування горизонтальних відстійників використовують перегородчасті камери пластівцеутворення з горизонтальним або вертикальним рухом потоку води, сполучені або вбудовані вертикальні (вихрові) камери пластівцеутворення із шаром зваженого осаду.

8.2. ТИПИ КАМЕР ПЛАСТІВЦЕУТВОРЕННЯ

За принципом дії камери пластівцеутворення підрозділяються на гідравлічні й механічні (флокулятори).

З камер гідравлічного типу на практиці віддають перевагу коловоротним, вихровим, перегородчастим, зашламленого типу.

У механічних камерах пластівцеутворення перемішування води досягається обертанням мішалок, що приводяться в дію електродвигуном. Розрізняють лопатеві камери з вертикальною і горизонтальною віссю обертання мішалок.

Усі типи камер, за винятком перегородчастих, вмонтовують у відстійники.

Для одержання великих пластівців необхідно, щоб вода знаходилася в камері пластівцеутворення від 6 до 40 хв і більше за умови постійного плавного перемішування води.

Тип камер пластівцеутворення вибирають, виходячи з якості вихідної води і конструкції відстійників.

8.3. КАМЕРИ ПЛАСТІВЦЕУТВОРЕННЯ КОЛОВОРОТНОГО ТИПУ, ВМОНТОВАНІ У ВЕРТИКАЛЬНІ ВІДСТІЙНИКИ

Коловоротні камери пластівцеутворення (рис. 8.1) застосовують на станціях обробки води невеликої продуктивності ($3000 \text{ м}^3/\text{доб}$). Вони являють собою циліндричні металеві або залізобетонні резервуари, у верхню частину яких надходить вода зі змішувача по трубопроводу, кінець якого обладнують соплами-насадками. Вода, виходячи із сопел зі швидкістю $2\text{—}3 \text{ м/с}$, рухається уздовж стінок камери, здобуваючи обертальний (коловоротний) рух.

Завдяки рівномірному перемішуванню створюються сприятливі умови для пластівцеутворення. Сопла розташовують на відстані $0,2d_{K.X}$ від стінки ($d_{K.X}$ – діаметр камери пластівцеутворення на глибині 0,5 м від поверхні води). Утрата напору h складає $0,06u_3^2$, $u_3^2 = 2\text{--}3 \text{ м/с}$.

Щоб погасити обертальний рух води перед надходженням її у відстійник, що заважає відстоюванню суспензії, внизу центральної труби влаштовується спеціальний гаситель. Він являє собою хрестоподібно з'єднані перегородки, звичайно з дошок висотою близько 0,8 м, поставлених на ребро, з розміром комірок $0,5 \times 0,5 \text{ м}$.

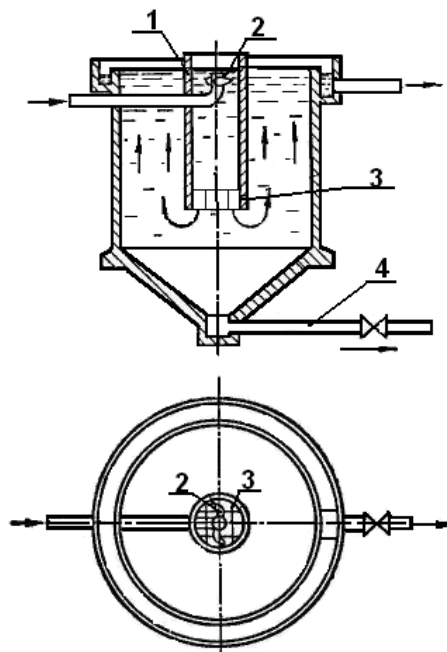


Рис. 8.1 - Вертикальний відстійник з коловоротною камерою пластівцеутворення:

1- камера пластівцеутворення; 2- сопла; 3- гаситель; 4- трубопровід для збирання осаду.

Розрахунок коловоротних камер пластівцеутворення

Об'єм камери визначають виходячи з кількості води, що перебуває в ній. Час перебування оброблюваної води становить 15-20 хв, висота камери – 3,5-4 м (0,9h зони осадження вертикального відстійника).

Площу вмонтованої у відстійник камери пластівцеутворення визначають за формулою

$$F_K = \frac{q \cdot t}{60H \cdot N}, \text{ м}^2, \quad (8.1)$$

де q – розрахункова витрата води, м³/год;

t – тривалість перебування води в камері, хв;

H – висота камери пластівцеутворення, м;

N – розрахункове число відстійників на очисних спорудах, шт.

Діаметр камери знаходять за формулою

$$d_K = 1,13\sqrt{F_K}, \text{ м}. \quad (8.2)$$

Витрату води, що надходить у камеру пластівцеутворення, встановлюють за формулою

$$q_c = \frac{q}{3600 \cdot H}, \text{ л/с.} \quad (8.3)$$

8.4. ПЕРЕГОРОДЧАСТІ КАМЕРИ ПЛАСТІВЦЕУТВОРЕННЯ

Перегородчасті камери пластівцеутворення являють собою залізобетонні прямокутні (в плані) резервуари із залізобетонними або дерев'яними перегородками (рис. 8.2). Їх застосовують на очисних станціях продуктивністю до 45 тис. м³/добу з вертикальною циркуляцією і більше 45 тис. м³/добу з горизонтальною циркуляцією.

Воду в перегородчастих камерах пластівцеутворення переміщують багаторазово зміною напрямку руху води в них у горизонтальній або вертикальній площині.

Час перебування каламутних вод у перегородчастих камерах складає 20 хв, кольорових – 30 хв.

Перегородчасті камери пластівцеутворення використовують у комплексі з горизонтальними відстійниками. У цьому випадку основну частину відстійників і камери обсіпають землею, а в місці примикання їх улаштовують павільйон, в якому розміщують шибери і засувки для керування роботою камери і відстійників. Перегородки поділяють камеру на послідовно з'єднані коридори.

Рух води уздовж коридорів з певною швидкістю і періодичні повороти потоку навколо горизонтальних або вертикальних перегородок створюють сприятливі умови для пластівцеутворення.

Перпендикулярно коридорам камери влаштовується обвідний канал на випадок пропуску води повз камеру в період ремонту останньої і на час, коли не проводиться коагулювання.

У стінці, що відокремлює канал від коридорів, передбачаються проміжні випуски на той випадок, коли за умовами оптимального пластівцеутворення достатня менша тривалість перебування води в камері.

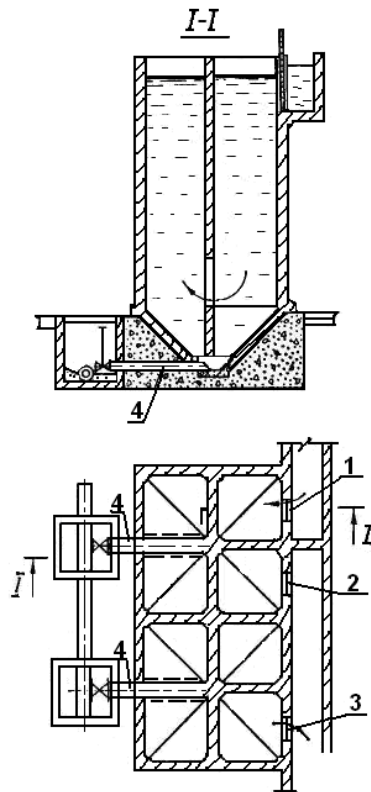


Рис. 8.2 - Перегородчаста камера пластівцеутворення з вертикальним рухом води:

1 подача води; 2- відвід води з першої половини камери; 3- відвід води; 4- випуск осаду.

Дно перегородчастих камер роблять з ухилом для можливості змиву осаду, що може випасти при зниженні витрати води через камеру нижче розрахункового. Ухил повинен складати 0,02–0,03; дозволяється будувати двоповерхові камери.

Розрахунок перегородчастих камер пластівцеутворення

Об'єм камери пластівцеутворення приймається по кількості в ній води за час $t = 20-30$ хв:

$$W_K = \frac{q \cdot t}{60}, \text{ м}^3. \quad (8.4)$$

Середню глибину камери пластівцеутворення вибирають по конструктивних міркуваннях, з огляду на місцеві умови (висоту ґрунтових вод і ін.). Середня глибина камери пластівцеутворення складає $H_{\text{ср}} = 2\text{--}3,5$ м.

Площу камери (в плані) визначають за формулою

$$F_K = \frac{W_K}{H}, \text{ м}^2 \quad (8.5)$$

Необхідну ширину коридорів між перегородками знаходять за формулою

$$b = \frac{q}{3600 \cdot U_K \cdot H}, \text{ м}, \quad (8.6)$$

де q – витрата води, $\text{м}^3/\text{добу}$;

U_K – швидкість руху води в коридорах камери пластівцеутворення, $U_K = 0,2 \text{--} 0,3$ м/с.

Ширина коридорів між перегородками $b \geq 0,7$ м.

Швидкість потоку води в коридорах камери повинна убувати від $0,2\text{--}0,3$ до $0,05\text{--}0,1$ м/с наприкінці камери за рахунок збільшення відстані між перегородками.

Число поворотів потоку $n = 8\text{--}10$.

Утрати напору знаходять за формулою

$$h = 0,15 \cdot U^2 \cdot n, \text{ м}, \quad (8.7)$$

де n – число поворотів потоку води в камері пластівцеутворення (на 1 менше числа коридорів).

8.5. ВЕРТИКАЛЬНІ КАМЕРИ ПЛАСТІВЦЕУТВОРЕННЯ

Вертикальні камери пластівцеутворення підрозділяються на вертикальні (вихрові) камери без шару зваженого осаду і камери із завислим осадом.

Вертикальні (вихрові) камери пластівцеутворення є найбільш досконалим типом таких камер. Основною перевагою їх є те, що при наявності вихрового руху во-

ди процес пластівцеутворення тут закінчується в 2—3 рази швидше, ніж у камерах іншого типу, що дозволяє відповідно зменшити об'єм камери.

Вихрові камери можуть застосовуватися у вигляді одного або декількох окремих апаратів (рис. 8.3) або примикати до торця горизонтальних відстійників (рис. 8.4, а). У вихрових камерах оброблювана вода підводиться до дна камери, піднімається нагору зі зменшуваною швидкістю і відбувається через затоплену лійку, систему дірчастих труб або жолоби в розподільний канал відстійника.

Вихрові камери пластівцеутворення являють собою усічений конус або пірамідальний резервуар, повернутий звуженою частиною униз, з циліндричною або призматичною надставкою над ним. Вони можуть також влаштовуватися у вигляді прямокутного (у плані) резервуара з вертикальними стінками. Кут між похилими стінками залежно від висоти камери приймають рівним 50—70°.

При прямуванні води знизу нагору зі зменшуваною швидкістю бічні її шари підсмоктуються в основний потік, що розповсюджується одночасно у всі сторони. У результаті цього у всій масі води, що знаходиться в камері, утворюється ряд вихрів, що сприяють ефективному перемішуванню, формуванню та укрупненню пластівців.

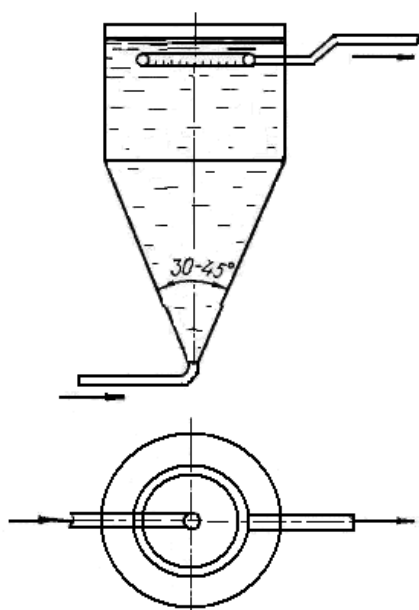


Рис. 8.3 - Схема окремо розташованої камери пластівцеутворення

Оброблювана вода повинна вводитися в камеру зі швидкістю 0,7—1,2 м/с, а швидкість висхідного потоку на виході з камери мусить складати 4—5 мм/с, тобто в 175—140 разів менше.

Час перебування води у вихрових камерах пластівцеутворення приймають у межах 6—10 хв, а при реагентному зм'якшенні води 5—6 хв (нижня межа для каламутних вод, верхня — для кольорових).

Збирання і відведення води з камери у відстійники повинні проводитися так, щоб пластівці гідроксидів алюмінію і заліза (III) не руйнувалися. Для цього швидкість руху води у збірних лотках, трубах і отворах не повинна перевищувати 0,10 м/с для каламутних і 0,05 м/с — для кольорових вод.

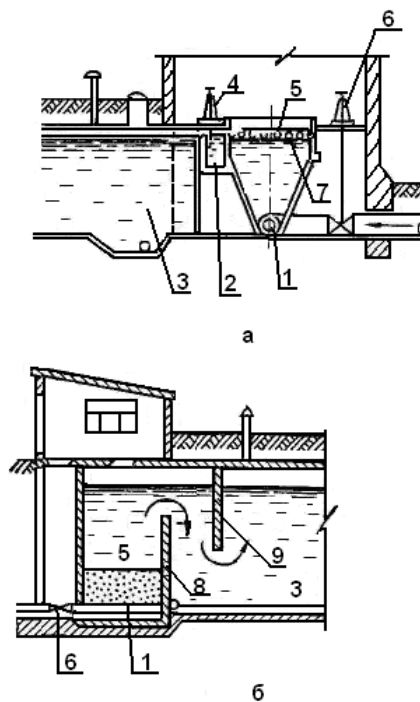


Рис. 8.4 - Вертикальні камери пластівцеутворення:

а - сполучені з відстійником; **б** - вмонтовані у відстійник; 1- розподільна труба; 2- розподільний канал; 3- відстійники; 4- шибер; 5- камера пластівцеутворення; 6- засувки; 7- збірні жолоби; 8- затоплений водозлив; 9- відбійна стінка.

Вмонтована в горизонтальний відстійник **камера пластівцеутворення зі зваженим осадом** має вертикальні стінки, що значно спрощує компонування споруд.

Шар зваженого осаду має бути не менше 3 м, час перебування води в камері — не менше 20 хв. При цьому рекомендується приймати такі середні швидкості висхідного потоку води у верхньому перерізі, мм/с:

- при проясненні води малої каламутності (до 20 мг/дм^3) — 0,9 мм/с;
- від 20 до 50 мг/дм^3 — 1,2 мм/с;
- при проясненні води середньої каламутності ($50\text{—}250 \text{ мг/дм}^3$) — 0,65- 1,6;
- при проясненні води великої каламутності (більше 250 мг/дм^3) — 0,8- 2,2 мм/с.

Оброблювана вода по площі камери розподіляється перфорованими каналами або трубами через отвори, спрямовані горизонтально або вниз під кутом. Швидкість руху води в таких трубах приймають в межах 0,5—0,6 м/с. Площа отворів у їхніх стінках повинна складати 30—40% площі перерізу самих труб або каналів; діаметр отворів має бути не менше 25 мм. Виводять воду з камери через затоплений водозлив при швидкості 0,05 м/с.

Розрахунок вертикальних камер пластівцеутворення

Об'єм і площу верхньої частини камери визначають аналогічно перегородчастим камерам пластівцеутворення, задаючись при цьому експлуатаційним часом перебування і швидкістю протікання води.

Визначають габарити широкої і вузької частин камери, обчислюють об'єми, підсумовують їх. Перевіряють фактичний час перебування води.

8.6. МЕХАНІЧНІ КАМЕРИ ПЛАСТІВЦЕУТВОРЕННЯ (ФЛОКУЛЯТОРИ)

У механічних камерах пластівцеутворення, які застосовують на великих станціях обробки води, коли за умовами їхнього розташування нераціонально використовувати інші типи, перемішування здійснюється лопатевими мішалками з електроприводом, що обертаються навколо горизонтальних або вертикальних осей.

Найбільше поширення одержали флокулятори з лопатевими мішалками, що обертаються навколо горизонтальної осі за допомогою електродвигунів (рис. 8.5).

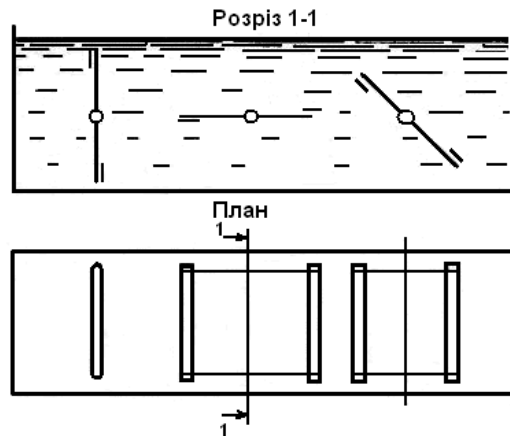


Рис. 8.5 - Схема влаштування лопатевої камери пластівцеутворення

Розрахункову швидкість руху води в них приймають в межах 0,2—0,5 м/с, а час перебування води — 30—60 хв (до 60 хв — при зм'якшенні води реагентними методами). Ці камери влаштовують у вигляді прямокутного залізобетонного резервуара з двома — п'ятьма парами мішалок. Часто їх сполучають з горизонтальними відстійниками з розділяючою їх вертикальною дірчастою перегородкою.

Перевагою механічних камер у порівнянні з камерами перегородчастого типу є: менша втрата напору, простота конструкції, можливість більш досконалого регулювання процесу пластівцеутворення зміною числа оборотів лопаток, можливість послідовної роботи декількох камер пластівцеутворення, що важливо при застосуванні суміші реагентів.

Розрахунок механічних камер пластівцеутворення

Об'єм і площу камери визначають аналогічно перегородчастим камерам пластівцеутворення.

Довжину знаходять за формулою

$$l = \alpha \cdot h \cdot n, \text{ м}, \quad (8.8)$$

де α - коефіцієнт пропорційності ($k=1-1,5$);

h – глибина води в камері пластівцеутворення;

n – число осей з лопатками.

Ширину камери визначають за формулою

$$b = \frac{W_K}{l \cdot h}, \text{ м.} \quad (8.9)$$

Швидкість горизонтального руху води в камері встановлюють за формулою

$$U_{CP} = \frac{1000l}{60t}, \text{ м/с.} \quad (8.10)$$

Швидкість обертання лопатевих мішалок залежно від якості вихідної води і дози коагулянту становить 0,4-0,55 м/с.

Контрольні запитання

1. Якими стадіями характеризується процес коагуляції?
2. Від яких параметрів залежить швидкість пластівцеутворення?
3. Що таке ортокінетична коагуляція?
4. В яких випадках необхідне влаштування камер пластівцеутворення?
5. Які типи камер пластівцеутворення ви знаєте?
6. Назвіть принцип роботи і конструктивні особливості роботи камери пластівцеутворення коловоротного типу.
7. Назвіть принцип роботи і конструктивні особливості роботи перегородчастої камери пластівцеутворення.
8. Назвіть принцип роботи і конструктивні особливості роботи вертикальної камери пластівцеутворення.
9. Що таке флокулятори?

РОЗДІЛ 9. ОСАДЖЕННЯ ДОМІШОК ПИТНОЇ ВОДИ

9.1. ТИПИ ВІДСТІЙНИКІВ І СФЕРА ЇХНЬОГО ЗАСТОСУВАННЯ

У практиці водопідготовки для виділення з води завислих речовин застосовують *горизонтальні, вертикальні й радіальні* відстійники, названі так за напрямком руху в них потоків води.

За висотою відстійник розподіляється на дві частини: зону осадження, де завислі речовини осаджуються, і зону нагромадження та ущільнення осаду.

Вміст завислих речовин у воді після відстійників не повинен перевищувати 8—12 мг/дм³.

Горизонтальні відстійники (рис. 9.1) являють собою прямокутні резервуари, витягнуті у бік руху води, в яких вода, що прояснюється, рухається в напрямку, близькому до горизонту вздовж відстійника. Горизонтальні відстійники виконують звичайно із залізобетону й обладнують водорозподільними і водозбірними пристроями, трубопроводами для підведення оброблюваної і відведення проясненої води та пристроями для періодичного видалення випавшого осаду.

Розрізняють *одно- і двоповерхові* горизонтальні відстійники, які використовують для попереднього прояснення води. Такі відстійники можуть бути влаштовані в землі з кріпленням і без кріплення укосів.

Горизонтальні відстійники рекомендується застосовувати при будь-якій якості оброблюваної води і продуктивності очисної станції більше 30 тис. м³/добу.

Вертикальний відстійник (рис. 9.2) являє собою круглий або квадратний (у плані) резервуар значної глибини з камерою пластівцеутворення коловоротного типу в центральній трубі і з конусним днищем для нагромадження та ущільнення осаду. Вода в такому відстійнику рухається знизу нагору. Вертикальний відстійник виконують, як правило, із залізобетону, іноді з металу.

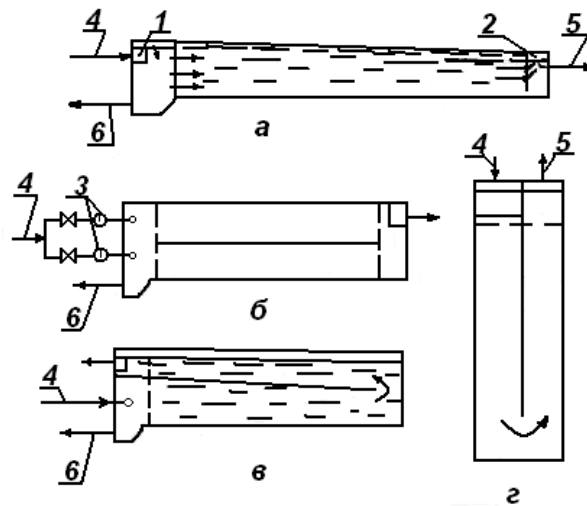


Рис. 9.1 - Схема руху води в горизонтальних відстійниках:

а- одноповерховому прямоточному (розріз); **б**- двоповерховому прямоточному (розріз); **в**- двоповерховому з поворотом потоку (план); 1,2- відповідно розподільний і збірний водозлив; 3- водоміри; 4- підведення води; 5- відведення відстояної води; 6- відведення осаду.

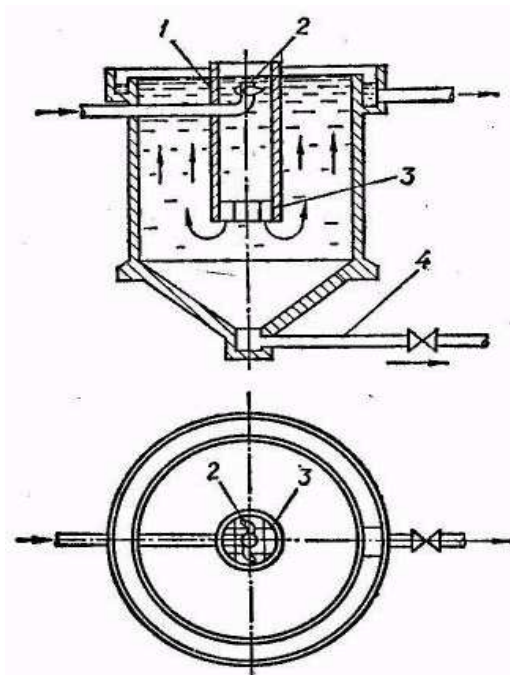


Рис. 9.2 - Вертикальний відстійник з коловоротною камерою пластівцеутворення:

1- камера пластівцеутворення; 2- сопла; 3- гаситель; 4- трубопровід для збирання осаду.

Вертикальний відстійник рекомендується застосовувати при будь-якій якості оброблюваної води і при продуктивності очисної станції не більше 5000 м³/добу.

Радіальний відстійник являє собою круглий залізобетонний резервуар (у плані), висота якого невелика в порівнянні з діаметром. Рух води у відстійнику здійснюється від центра до периферії в радіальному напрямку, близькому до горизонтального. Радіальні відстійники застосовують для обробки каламутних вод і в системах оборотного водопостачання.

Відстійники з малою глибиною осадження.

Серед методів інтенсифікації процесу осадження домішок води одним з найбільш перспективних є відстоювання в тонкому шарі. Сутність методу прояснення води полягає в ламінаризації потоку води, при цьому число Рейнольдса становить 60-80, при якому виключається вплив завислої складової. Розроблено різні конструкції тонкошарових відстійників з використанням пластмас, склопластиків та інших матеріалів, що забезпечують легке сповзання і видалення осаду з поверхні споруди.

9.2. ГОРИЗОНТАЛЬНІ ВІДСТІЙНИКИ

Горизонтальні відстійники влаштовують з покриттями і засипають землею з усіх боків і зверху, влаштовуючи тільки невеликі павільйони біля торців (холодний клімат); у південних районах з теплим кліматом відстійники звичайно виконують відкритими.

Горизонтальні відстійники часто сполучають з камерами пластівцеутворення, прилягаючими або вмонтованими в них (рис. 9.3). Їх можна проектувати *одно- і двоповерховими* з торцевим або розосередженим по площі збором проясненої води, без повороту потоку води в горизонтальній або вертикальній площині (див. рис. 9.1). Проектують горизонтальні відстійники з поворотом потоку води в горизонтальній або вертикальній площині.

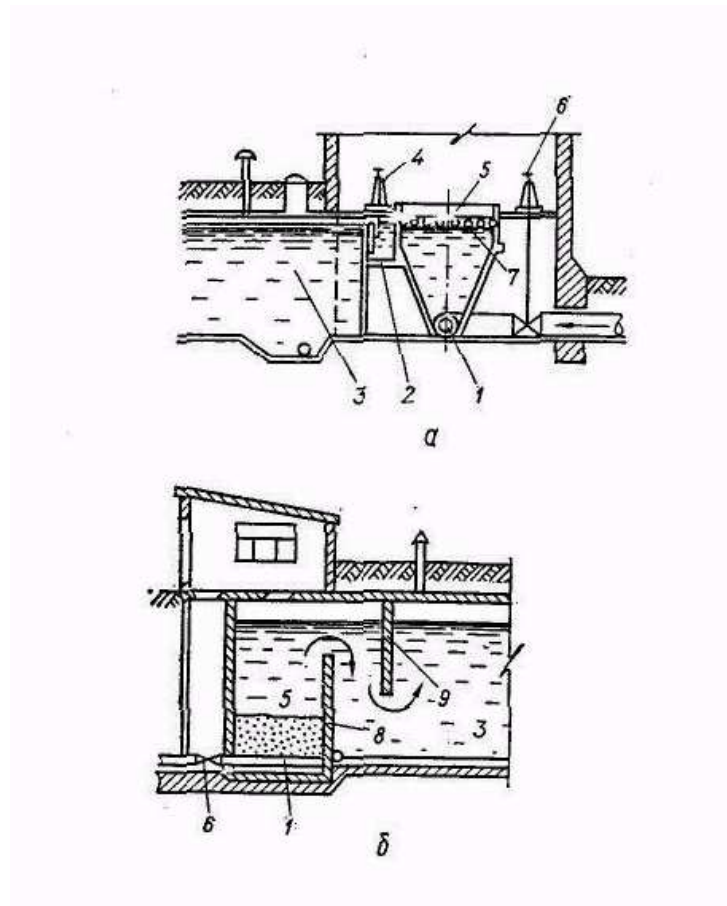


Рис.9.3 - Проектування горизонтального відстійника і вертикальної камери пластівцеутворення:

а - сполучені з відстійником; *б* - вмонтовані у відстійник; 1- розподільна труба; 2- розподільний канал; 3- відстійники; 4- шибер; 5- камера пластівцеутворення; 6- засувки; 7- збірні жолоби; 8- затоплений водозлив; 9- відбійна стінка.

Перевага двоповерхових відстійників полягає в значно меншій площі забудови, об'ємі й витраті бетону на їхнє будівництво, а великим *недоліком* є необхідність у додатковому підйомі води. Крім того, потрібні особливі гідрогеологічні умови майданчика, що дозволяють робити великі заглиблення.

Застосовують горизонтальні відстійники на станціях господарсько-питного і промислового водопостачання продуктивністю більше 30—50 тис. м³/добу при видаленні з води зкоагульованої суспензії і будь-якої продуктивності — при видаленні некоагульованої суспензії.

Вода надходить у відстійник з торцевого боку. Для більш рівномірного розподілу води по живому перерізу водорозподільні й водозбірні пристрої відстійників вла-

штовують у вигляді поперечних водозливів, дірчастих перегородок і дірчастих жолобів (рис. 9.4).

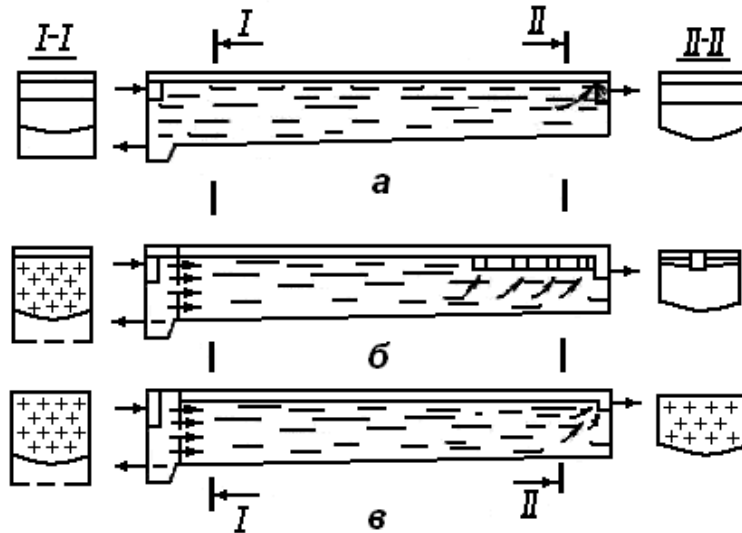


Рис.9.4 - Схеми водорозподільних і водозбірних пристроїв відстійників:

а - поперечний водозлив; *б* - дірчасті перегородки; *в* - дірчасті жолоби.

Найбільш ефективними є дірчасті перегородки, які розташовують на відстані 1—2 м від торцевої стінки. Площу отворів у дірчастих перегородках вибирають так, щоб швидкість руху води в них була менше швидкості, при якій починається руйнування пластівців коагульованої суспензії (не більше 0,5 м/с). У нижній частині перегородки на 0,3—0,5 м вище зони накопичення й ущільнення осаду отвори не передбачаються. Для зменшення довжини зони підвищеної турбулентності, що утворюється за дірчастою перегородкою, на початку відстійника доцільно екранувати вихід з отворів перегородки сферичними або конічними заспокоювачами (рис. 9.5).

Висоту відстійника залежно від висотної схеми станції приймають рівною 3—5 м. Довжину і ширину його розраховують.

Якщо не допускаються перерви в подачі води, то відстійників повинно бути не менше двох, щоб забезпечити відстоювання води при відключенні одного відстійника.

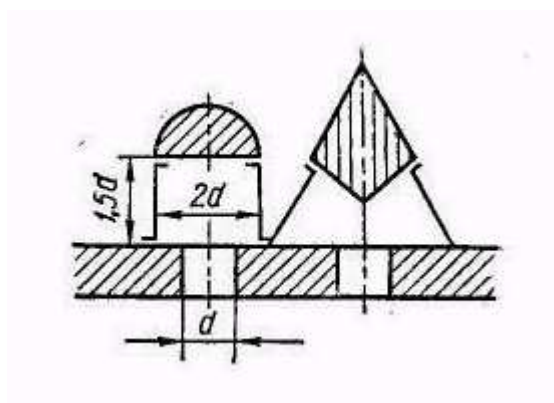


Рис. 9.5 - Екранування отворів у дірчастих перегородках

За висотою відстійник розподіляється на дві частини: *зону осадження*, де завислі речовини осаджуються, і *зону накопичення й ущільнення осаду*.

Для підвищення рівномірності розподілу води в поперечному перерізі відстійника, крім дірчастих перегородок, кожен відстійник поділяють уздовж легкими перегородками з таким розрахунком, щоб ширина кожного коридору була не більше 6 м (залежно від довжини колон, які підтримують покриття).

У зв'язку з тим, що осад розподіляється по дну відстійника нерівномірно і велика частина його накопичується в першій половині, об'єм осадкової частини відстійника на початку роблять більше, ніж наприкінці. Для цього, а також для періодичного випуску осаду при змиві його водою зі шланга дно горизонтального відстійника повинне мати поздовжній ухил 0,02 у напрямку, зворотному рухові води, і поперечні ухили в кожному коридорі не менше 0,05. При гідравлічному видаленні осаду поздовжній ухил дна відстійника слід приймати не менше 0,005.

Механічні засоби видалення осаду з горизонтальних відстійників влаштовують у випадках значної каламутності вихідної води або частого повторення періодів підвищеної каламутності води протягом року. Для цього застосовують скребкові транспортери, які згрібають осад у приямок, звідки його відкачують гідроелеваторами або відцентровими насосами.

Іншим способом видалення осаду є випуск його через збірну систему з перфорованих труб або каналів, що укладаються по дну відстійника. При відк-

ритті засувки осад під тиском видавлюється через отвори і відводиться в каналізацію. Устя труб або каналів розташовують на початку відстійника, де накопичується найбільша кількість осаду.

При реконструкції існуючих, будівництві нових відкритих і закритих горизонтальних відстійників рекомендується застосовувати напірну гідромеханічну систему видалення осаду.

Напірна система змиву і видалення осаду складається з напірного колектора, розвідних напірних трубопроводів, патрубків з бронзовими насадками і насоса, що забезпечує роботу системи.

Розрахунок горизонтального відстійника з торцевим збиранням води.

Сумарну площу відстійника (у плані) визначають за формулою

$$F_{\text{заг}} = \frac{\alpha \cdot q}{3,6 \cdot U_0}, \text{м}^2, \quad (9.1)$$

де q – розрахункова витрата води, м³/год;

U_0 – швидкість осадження суспензії, мм/с;

α – коефіцієнт, що враховує вплив вертикальної складової швидкості потоку.

Середню швидкість потоку знаходять за формулою

$$U_{\text{ср}} = K \cdot U_0, \text{мм/с}. \quad (9.2)$$

Коефіцієнт, що враховує вплив вертикальної складової, визначають за формулою

$$\alpha = \frac{U_0}{U_0 - \left(\frac{U_{\text{ср}}}{30} \right)}. \quad (9.3)$$

Швидкість осадження суспензії знаходять для деяких відстійників за даними технологічного аналізу за наступною залежністю:

$$U_0 = U_e \sqrt{\frac{h_0}{h_e}}, \text{мм/с}, \quad (9.4)$$

де U_e , h_e - відповідно швидкість осадження і висота шаруючи води в циліндрі при експериментальному дослідженні;

h_0 – висота осадової частини відстійника.

Орієнтовні значення швидкості осадження суспензії приймають залежно від властивостей оброблюваної води і способу її обробки. Так для кольорових вод (вміст зважених речовин до 50 мг/дм^3 , обробка коагулянтном) $U_0=0,35 - 0,45 \text{ мм/с}$; для каламутних вод (вміст зважених речовин $50 - 250 \text{ мг/дм}^3$, обробка коагулянтном) $U_0=0,45 - 0,50 \text{ мм/с}$, при вмісті зважених речовин більше 250 мг/дм^3 і обробці води коагулянтном $U_0=0,50 - 0,60 \text{ мм/с}$, без обробки коагулянтном $U_0=0,12 - 0,15 \text{ мм/с}$.

При використанні флокулянту значення швидкості осадження збільшується на $20 - 30 \%$. При застосуванні вмонтованих камер пластівцеутворення із шаром зваженого осаду значення швидкості осадження суспензії збільшується при обробці каламутних вод на 30% , а при обробці мало каламутних вод - на 20% .

Ширину відстійника визначають за формулою

$$B = \frac{q}{3,6 \cdot U_{CP} \cdot H \cdot N}, \text{ м.} \quad (9.5)$$

Необхідне значення K для розрахунку середньої швидкості знаходять по відношенню довжини відстійника L до середньої глибини осадження H :

$\frac{L}{H}$	10	15	20	25,
K	7,5	10	12	13,5.

9.3. РАДІАЛЬНІ ВІДСТІЙНИКИ

Радіальні відстійники є різновидом горизонтальних і застосовуються для прояснення води, що містить велику кількість завислих речовин (більше $1,5 \text{ г/дм}^3$). Вони являють собою круглі (у плані) резервуари, обладнані підвідними і відвідними водопроводами, водорозподільними і водозбірними пристроями, а також обертовими фермами із шкребками для видалення осаду (рис. 9.6).

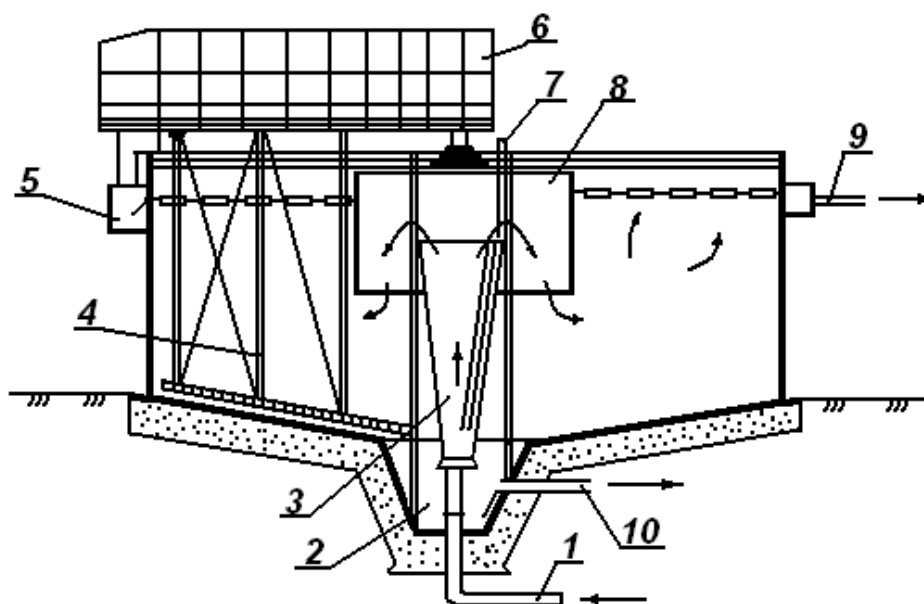


Рис. 9.6 - Радіальний відстійник:

1 і 9- подача вихідної і відведення проясненої води; 2- прямок для збирання осаду; 3- дифузор; 4- обертова ферма для видалення осаду; 5- збірний кільцевий периферійний лоток; 6- ходовий місток; 7- подача реагентів; 8 - водорозподільна склянка; 10- скидання осаду.

Прояснювана вода підводиться знизу в центр і виливається через лійку, повернуту широким кінцем нагору. Навколо лійки розташований циліндр-заспокоювач з глухим дном і дірчастими стінками. Наявність такого циліндра сприяє більш рівномірному розподілу води по робочій висоті відстійника. Вода повільно рухається від центра до периферії і зливається у периферійний жолоб.

Для видалення осаду застосовують повільно обертову металеву ферму з укріпленими на ній шкребками, які згрібають осад до центра відстійника, звідки він безу-

пинно чи періодично випускається або відкачується. Одним кінцем ферма спирається на опору в центрі відстійника, а другим - на візок, що рухається по стінці відстійника.

Розміри радіальних відстійників. Відстійники діаметром від 2,5 до 18 м виконують з центральним приводом, від 18 до 100 м — з периферичним. Глибина відстійників залежно від продуктивності коливається від 1,5—2 м біля периферії до 3,5 м біля центру.

Збирають прояснену воду периферійним жолобом з трикутними вирізами або затопленими отворами.

Розрахунок радіальних відстійників

Площу відстійника визначають за формулою

$$F = 0,2 \cdot \left(\frac{q}{U_0} \right)^{1,07} + f, \text{ м}^2, \quad (9.6)$$

де q – розрахункова витрата води, м³/год;

U_0 – швидкість осадження суспензії, мм/с;

f - площа вихрової зони (приймають на 1 м більше площі водорозподільного пристрою), м².

9.4. ВЕРТИКАЛЬНІ ВІДСТІЙНИКИ

Вертикальний відстійник (рис. 8.1) являє собою круглий або квадратний (у плані) резервуар з камерою пластівцеутворення коловоротного типу в центральній трубі і з конусним днищем для нагромадження та ущільнення осаду. Він обладнується трубопроводом для подачі води, жолобами для збирання проясненої води, а також трубопроводом для періодичного випуску осаду або спорожнювання відстійника.

Вертикальний відстійник застосовують на станціях очищення води з продуктивністю до 5 тис. м³/добу.

Рух води, що прояснюється, у вертикальних відстійниках відбувається у вертикальному напрямку - знизу нагору. Завислі речовини осідають у висхідному потоці за рахунок різниці між швидкостями осідання часточок і руху води.

Висота зони осадження у вертикальних відстійниках залежно від коефіцієнта, що враховує його об'ємне використання, складає 4—5 м, відношення діаметра до висоти —1,0—1,5.

Збір проясненої води у вертикальних відстійниках передбачений з периферійними і радіальними жолобами. Переріз жолобів розраховують при швидкості руху води 0,6—0,7 м/с. Для більш рівномірного розподілу води по всьому перерізу відстійника доцільно її відбирати через затоплені отвори в жолобах або через трикутні вирізи в їхніх краях. Переріз їх можна визначити, приймаючи швидкість руху води 1 м/с, діаметр – 20-30 мм.

Осад, що накопичується у нижній осадовій частині відстійника періодично видаляють самопливом (під тиском стовпчика води), відкриваючи засувку на випускній трубі діаметром 150—200 мм. При цьому кут між твірним конусом чи похилими стінками при конічному або пірамідальному днищі відстійника повинен становити 70—80°. При неможливості випуску осаду самопливом його відсмоктують насосом.

Скидання осаду слід робити без вимикання відстійника. Період роботи відстійника між скиданнями осаду має становити не менше 6 год. При вмісті завислих речовин більше 1000 мг/дм³ період роботи не повинен перевищувати 24 год.

Розрахунок вертикального відстійника

Розрахунок вертикального відстійника проводять за висхідною швидкістю потоку води. Сумарна площа поперечного перерізу відстійника складається з площі зони осадження і площі камери пластівцеутворення.

Площу зони осадження визначають за формулою

$$F = \frac{\beta \cdot q}{3,6 \cdot U_p \cdot N}, \text{ м}^2, \quad (9.7)$$

де U_p – швидкість висхідного потоку, мм/с;

β – коефіцієнт об'ємного використання відстійника, $\beta = 1,3-1,5$;

q – розрахункова продуктивність, м³/год;

N – число відстійників, шт.

Площу камери пластівцеутворення знаходять за формулою

$$F_K = \frac{q \cdot t}{60 \cdot H \cdot N}, \text{ м}^2, \quad (9.8)$$

де q – розрахункова витрата, м³/год;

t – тривалість перебування води в камері пластівцеутворення, хв;

H – висота камери пластівцеутворення, м;

N – число відстійників, шт.

Загальну площу відстійника визначають за формулою

$$F_{\text{заг}} = F + F_K, \text{ м}^2. \quad (9.9)$$

При розрахунках треба звернути увагу на те, щоб площа одного відстійника не перевищувала 100 м².

Діаметр відстійника визначають за формулою

$$D = \frac{4F_{\text{заг}}}{\pi \cdot N}, \text{ м}. \quad (9.10)$$

Період роботи відстійника між скиданнями осаду T і витрату води P_{oc} визначають за формулами:

$$T = \frac{W_{oc} \cdot N \cdot \delta}{q \cdot (C_{cp} - m)}, \text{ діб}; \quad (9.11)$$

$$P_{oc} = \frac{K_P \cdot W_{oc}}{q \cdot T_0} \cdot 100, \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (9.12)$$

де W_{oc} – об'єм осадової частини відстійника, м³;

N – число відстійників, шт. ;

δ - середня щільність осаду, г/м³;

q – продуктивність відстійника, м³/год;

C_{CP} – вміст суспензії у воді, що надходить, мг/дм³;

M - вміст суспензії в проясненій воді, мг/дм³;

K_p – коефіцієнт розведення осаду, $K_p = 1,2-1,5$;

T_0 – тривалість роботи відстійника між очищеннями, діб.

Довжину відстійника знаходять за формулою

$$L = \frac{\alpha \cdot H \cdot U_{CP}}{U_0}, \text{ м}, \quad (9.13)$$

де U_{CP} – середня горизонтальна швидкість руху води у вертикальному відстійнику, мм/с;

H – середня висота осадження, м (приймають 3-3,5 м залежно від висотної схеми станції);

N – розрахункове число відстійників (приймають на основі техніко-економічного розрахунку, $N \geq 2$).

Об'єм зони нагромадження та ущільнення осаду для відстійників з *механічним видаленням осаду* визначають залежно від розмірів пристроїв, прийнятих для видалення осаду.

Для відстійників з *гідравлічним видаленням* об'єм зони нагромадження та ущільнення осаду знаходять за формулою

$$W_{OC} = \frac{24q \cdot (C_{CP} - m) \cdot T}{N \cdot \delta}, \text{ м}^3, \quad (9.14)$$

де m – вміст завислих речовин у воді на виході з горизонтального відстійника (по СНіПу допускається 8–15 мг/дм³);

T – період роботи відстійника між видаленнями осаду, год;

δ - середня концентрація ущільненого осаду, г/м³;

C_{CP} – середній вміст завислих речовин, що надходять у відстійник, г/м³

$$C_{CP} = M + K \cdot D_K + 0,25C + B, \text{ г/м}^3, \quad (9.15)$$

де M – кількість завислих речовин у вихідній воді, г/м³;

K - перевідний коефіцієнт, рівний для очищеного $Al_2(SO_4)_3$ – 0,55,

для $FeCl_3$ – 0,8;

D_K - доза коагулянту в перерахунку на безводний продукт, г/м³;

C - кольоровість вихідної води, град;

B - кількість нерозчинних речовин, що вводяться з вапном, г/м³.

Концентрація осаду, що утворюється у відстійнику, залежить від часу його ущільнення і вмісту у вихідній воді завислих речовин. Після 12-24-годинного ущільнення концентрація осаду, що виділяється при обробці води коагулянтном, приймають відповідно до СНіПу такою:

Завислі речовини, мг/дм ³	Концентрація осаду, кг/м ³
50	12–15
50–100	16–20
100–400	32–40
1 000–1 500	100–120

При безреагентному проясненні води концентрація осаду складає 250-300 кг/м³.

Значення вертикальної складової W приймають рівним 1/30 швидкості потоку або визначають за формулою

$$W = m^1 \frac{U_{CP}}{H^n}, \quad (9.16)$$

де m^1 – коефіцієнт, що залежить від шорсткості стінок і дна відстійника;

U_{CP} – середня швидкість руху води у відстійнику, мм/с;

H – робоча глибина відстійника, м;

n - показник степені, $n = 0,2$.

Вертикальна складової швидкості потоку, що перешкоджає осадженню суспензії у відстійнику, зростає зі збільшенням швидкості потоку води в ньому. Тому швидкість руху води у відстійнику, що затримує легку, повільно осідаючу суспензію, слід приймати меншою, ніж у відстійнику, що затримує важку, швидко осідаючу суспензію. Вертикальна складова швидкості потоку W повинна бути менше розрахункової швидкості осадження суспензії.

9.5. СПІРАЛЬНІ, БАГАТОЯРУСНІ Й ТОНКОШАРОВІ ВІДСТІЙНИКИ

Спіральні відстійники являють собою круглі (в плані) споруди (типу радіальних відстійників), в яких встановлені спіральні направляючі перегородки, що подовжують шлях руху води.

Багатоярусний відстійник. Схема блоку установки для прояснення води з багатоярусним відстійником представлена на рис. 9.7. До складу установки входять: камера флокуляції **1**, горизонтальний відстійник **2** і фільтр **3**. Вода з введеними в неї реагентами надходить зверху в обладнану механічною мішалкою камеру флокуляції, в якій відбувається утворення великих і швидкоосідаючих пластівців, а з неї — у відстійник.

Рухаючись по похилих площинах паралельно працюючих ярусів відстійника, вода прояснюється і надходить у фільтр. Промивання фільтра виконують течією води знизу нагору. Камеру флокуляції перед промиванням фільтра відключають і випускають з неї частину води. Рухаючись з великою швидкістю по похилих площинах відстійника, вода змиває з них осад, що випав, і разом з ним виділяється в каналізацію.

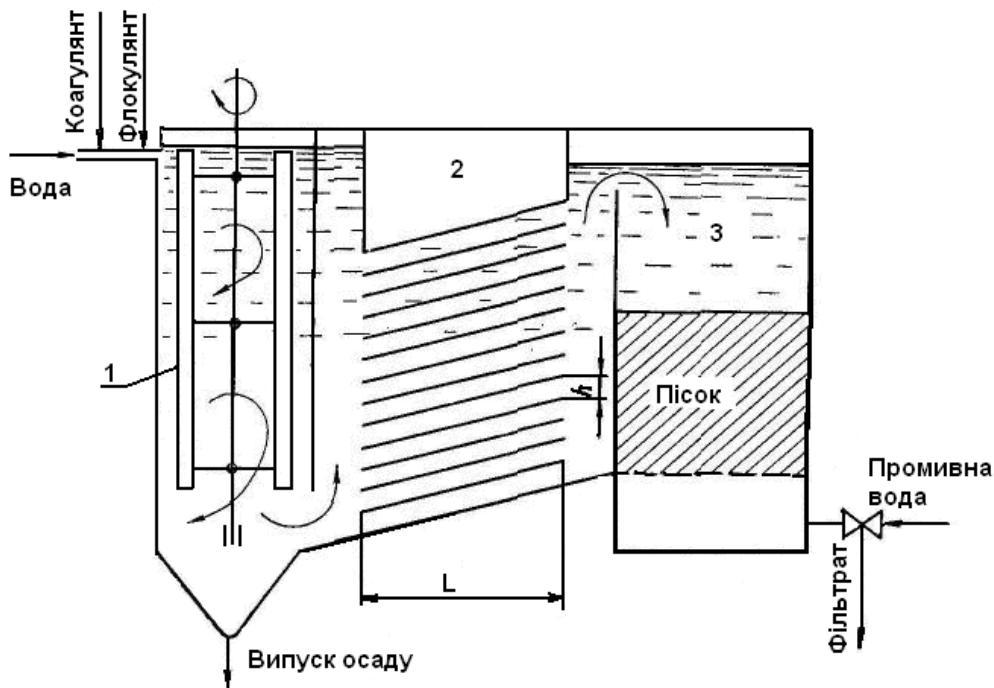


Рис. 9.7 - Схема установки для прояснення води з багатоярусним відстійником

Відстійники з невеликою глибиною осадження суспензії застосовують на очисних спорудах малої продуктивності. Їх виконують у вигляді горизонтальних відстійників малої довжини або у вигляді круглих (у плані) багатоярусних відстійників. До них відносяться багатоярусні й тонкошарові відстійники.

Тонкошарові відстійники (рис. 9.8)

У таких відстійниках прояснювана вода по трубі 3 надходить у камеру 4 і піднімається в зону прояснення 6. Плавне розширення конструкції дозволяє поступово знижувати швидкість потоку, в результаті чого відокремлюються найбільш важкі часточки суспензії. Частково прояснена вода направляється в багатошарове завантаження 9, де забезпечується її ламінарний рух і осадження більш дрібних часточок. Осад, що випав, по засипці сповзає вниз, а прояснена вода по системі труб і каналів 10, подається споживачеві.

У міру накопичення завислих речовин з зони прояснення 6 через вікна 7 переміщується в зону ущільнення осаду 8, з якого останній відводиться безперервно або періодично збірними коробами 2 для подальшого ущільнення.

Відокремлювана від ущільненого осаду вода надходить у багатошарову засипку, розташовану над зоною ущільнення, і разом з основним потоком проясненої води попадає в збірну систему.

Застосування тонкошарового відстійника дозволяє інтенсифікувати процес осадження суспензії, на 60 % зменшити площу забудови, на 25–30 % підвищити ефект прояснення води порівняно зі звичайним відстійником.

При експлуатації треба стежити, щоб у міжполичний простір не потрапляло повітря. Видаляти осад краще, періодично включаючи вібратор і одночасно відкриваючи на ілопроводі засувку для його скидання.

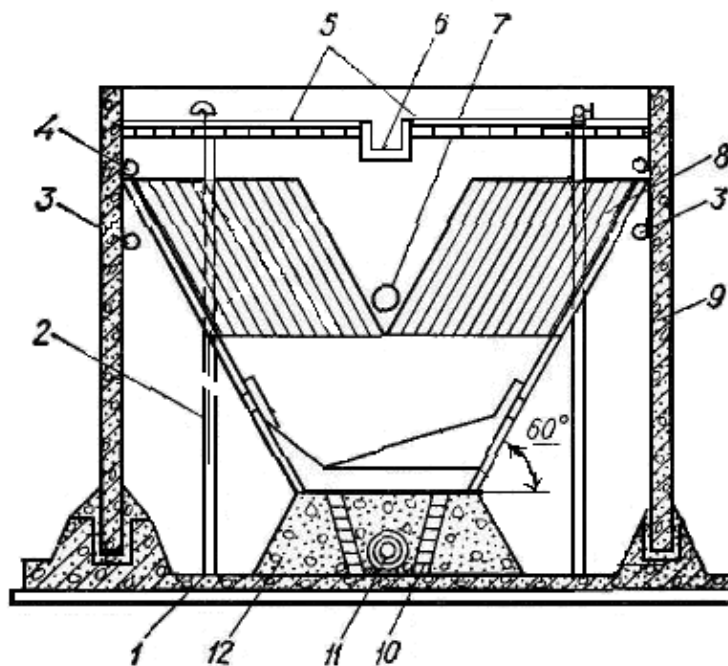


Рис. 9.8 - Схема тонкошарового відстійника:

1- поліетиленова труба для видалення осаду; 2- труба для випуску повітря; 3,7- відведення проясненої води із осадоущільнювача; 4- трубопровід підігріву; 5- отвори в поперечних збірних жолобах; 6- зварений лоток; 8- багатошарове завантаження; 9- корпус; 10- цегельна кладка; 11- подача води в секцію; 12- гравійна камера пластівцеутворення.

Розрахунок тонкошарових відстійників

Метод розрахунку зводиться до визначення геометричних розмірів відстійника. Встановлюють довжину l , ширину b , висоту h каналу при відомому навантаженні, початковій та кінцевій концентрації суспензії, характеристику суспензії (дисперсності).

Необхідними умовами, що забезпечують надійність роботи і стабільність якості проясненої води, є ламінарний режим руху і стійкість потоку в тонкошаровому елементі.

Контрольні запитання

1. Назвіть типи відстійників, що застосовуються для очищення природних вод.
2. Наведіть рішення щодо влаштування відстійників і камер пластівцеутворення.
3. Які принцип роботи та конструктивні особливості горизонтальних відстійників?
4. Наведіть методи розрахунку горизонтальних відстійників.
5. Які принцип роботи, конструктивні особливості й методика розрахунку радіальних відстійників?
6. Принцип роботи і конструктивні особливості вертикальних відстійників.
7. Методика розрахунку вертикальних відстійників.
8. Що являє собою багатоярусний відстійник?
9. Як проводять відстоювання домішок води в тонкому шарі?

10. ПОЛІПШЕННЯ ПРОЦЕСУ ОСАДЖЕННЯ ЗКОАГУЛЬОВАНИХ ДОМІШОК

10.1. АКТИВІЗУВАННЯ РОЗЧИНІВ РЕАГЕНТІВ У ПРОЦЕСАХ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

Швидкий і повний розподіл гетерогенної системи, якою є природні води, деякою мірою залежить від гідравлічної крупності зкоагульованих домішок, що утворюються при обробці води коагулянтами. Слід зазначити, що гідравлічна крупність є одним з показників роботи відстійників, прояснювачів зі зваженим осадом та інших споруд для очищення вод. Після проведення серії відповідних дослідів можна стверджувати, що активований розчин коагулянту збільшує гідравлічну крупність суспензії. Таким чином, прояснення води в горизонтальному відстійнику протікає швидше в порівнянні із застосуванням звичайного розчину коагулянту.

Для очищення води від грубодисперсних і колоїдних забруднень поширений метод обробки води коагулянтами. В останні роки використання реагентів у сфері водопідготовки невпинно збільшується, що в основному обумовлено зростанням водоспоживання з поверхневих джерел, підвищенням вимог до якості очищення природних вод. Недоліками реагентних методів прояснення і знебарвлення води є:

- значні габарити реагентного господарств;
- велика витрата реагентів, необхідних для очищення води до потрібних норм;
- незадовільне протікання процесу коагуляції при проясненні й знебарвленні води при низьких температурах;
- недостатня лужність і висока кольоровість води.

Аналіз існуючих методів поліпшення фізико-хімічних умов коагуляції домішок природних вод показує, що доволі актуальною є розробка нових, більш ефективних методів, що інтенсифікують процеси очищення води коагуляцією.

До таких методів відноситься метод магнітно-електричної активації розчинів реагентів. Він дозволяє:

- інтенсифікувати процеси очищення води;
- знизити витрату реагентів;
- поліпшити якість води;
- зменшити габарити окремих споруд реагентного господарства;
- знизити собівартість проясненої води.

Технологічна й економічна ефективність цього методу підтверджена широким виробничим його впровадженням на очисних спорудах міського водопроводу систем господарсько-питного і промислового водопостачання.

Дослідження свідчать, що ефективність прояснення води при обробці розчином коагулянту, підданого магнітно-електричній активації, залежить від:

- параметрів активації (напруженості магнітного поля, вмісту в розчині анодно-розчинного заліза);
- якісних показників води (вміст зважених речовин, температура);
- іонного складу;
- величини гідравлічної крупності коагульованих завислих речовин, що видаляються.

Установлено, що оптимальні параметри магнітно-електричної активації розчину коагулянту залежать від якісних показників вихідної води: при обробці води з р. Дніпро оптимальні напруженості магнітного поля $H = 70 - 110$ кА/м; вміст анодно-розчиненого заліза $Fe^{3+} = 900 - 1250$ мг/дм³; при обробці води з р. Сіверський Донець $H = 95 - 120$ кА/м; $Fe = 950 - 1200$ мг/дм³.

При обробці води активованим розчином коагулянту кінетика утворення пластівців $Al(OH)_3$ і їхнього осадження значною мірою визначається іонним складом воднодисперсного середовища. У розчинах солей Na^+ осадження пластівців і прояснення розчинів відбувається швидше, ніж у розчинах солей Ca^{2+} і Mg^{2+} . У розчинах з невеликим вмістом іонів HCO_3^- і низьким pH утворення та осадження пластівців протікає повільніше, ніж у розчинах з великим вмістом

HCO_3^- . У розчинах, що містять іони HCO_3^- , Cl^- , осадження пластівців протікає більш інтенсивно, ніж у розчинах, де у великій кількості є SO_4^{2-} . У цілому процес утворення та осадження пластівців інтенсифікується, утворюються більш великі пластівці. Цей ефект особливо помітний для водних систем з низьким вмістом іонів HCO_3^- .

Порівняльні дані прояснення води при обробці її звичайним розчином коагулянту й активованим наведені в табл. 10.1.

Таблиця 10.1

Спосіб коагуляції води	Склад вихідної води					Параметри активації		Залишковий вміст завислих речовин, мг/дм ³	Доза коагулянту (по безводному продукту), мг/дм ³
	Температура води, °C	Завислі речовини, мг/дм ³	Жорсткість, мг-екв/дм ³	Лужність, мг-екв/дм ³	pH	Вміст анодно-розчиненого заліза Fe мг/дм ³	Напруженість магнітного поля кА/м		
Звичайний $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	8,3	25,5	6,7	5,4	7,1	---	---	---	36,3
Активованим $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	8,3	25,5	6,7	5,5	7,1	95	1150	2,7	36,3
Те ж із зниженням дози до 20%	8,4	25,4	6,7	5,4	7,1	91	1150	3,9	29,1
Змішаний	8,4	25,3	6,7	5,5	7,2	---	---	4,1	18,3/18

Примітка: У змішаному коагулянті вміст $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 18,3 \text{ мг/дм}^3$ і

$$\text{FeCl}_3 = 18 \text{ мг/дм}^3.$$

При використанні змішаного коагулянту витрата Fe^{3+} становить 13,8 г, тобто приблизно в 4 рази більше, ніж при пропонованому альтернативному методі. При вмісті суспензії у вихідній воді в межах 100 мг/дм^3 витрата Fe^{3+} ще нижча порівняно з витратою Fe^{3+} при використанні змішаного коагулянту.

На підставі проведених досліджень з інтенсифікації методів очищення води за допомогою магнітно-електричної активації розчинів реагентів поліпшення цих процесів можна пояснити такими факторами:

- впливом магнітно-електричної активації розчинів реагентів на електрокінетичний потенціал коагульованих домішок і адсорбційну ємність гідроксиду алюмінію, що утворюється у процесі очищення води;
- зменшенням структурно-механічної гідратації осадів і збільшенням щільності зкоагульованих структур;
- утворенням додаткових центрів коагуляції за рахунок стабілізації іонних асоціатів колоїдної стадії дисперсності анодно-розчиненого заліза.

10.2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОСАДЖЕННЯ В ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ВІДСТІЙНИКАХ

Дослідження закономірностей процесів осадження суспензії були виконані з використанням коагулянту сульфату алюмінію на очисних спорудах м. Краматорська в різні періоди року. Натурним дослідженням передувало проведення досвідів на моделі горизонтального відстійника з використанням модельної води і води каналу Сів. Донець – Донбас. Основні питання, що були поставлені при виконанні даного завдання були наступні:

- визначити вплив активованого розчину сульфату алюмінію на гідравлічну крупність коагульованої суспензії;
- установити вплив вмісту зважених речовин у вихідній воді на ефективність прояснення;
- чи можливе зниження розрахункових доз коагулянту і збільшення навантаження при обробці води активованим розчином $Al_2(SO_4)_3$.

Нагромадження опадів у горизонтальних відстійниках досліджували на моделі відстійника й у виробничих умовах на очисних спорудах водопроводу м. Краматорська.

Спостереження за роботою моделі відстійника показали, що зкоагульовані завислі речовини при обробці води активованим розчином коагулянту з верхніх шарів у середні випадають інтенсивніше, ніж при звичайній коагуляції (спостерігається продовження процесу пластівцеутворення, але пластівці, які вже утворилися, дрібніші) (рис.10.1). При використанні активованого коагулянту пластівці більш великі, зона прояснення в даному разі складає 25 см, вміст завислих речовин на виході з відстійника – 3 – 5 мг/дм³. Концентрація суспензії у нижньому шарі висока, осад утворюється з більш ущільненою структурою, що можна пояснити збільшенням гідравлічної крупності та швидким осадженням домішок у середньому шарі.

Якщо розглядати процес осадження домішок у зимовий час, то слід зазначити, що при звичайній коагуляції не всі зкоагульовані пластівці встигали осаджуватися в моделі горизонтального відстійника. Прояснення природної води погіршувалося. При використанні активованого розчину $Al_2(SO_4)_3$ зкоагульовані домішки випадали в осад досить добре, найбільша висота осаду (10 см) спостерігалася в середині моделі, мінімальна – наприкінці. Винос пластівців не спостерігався.

Друга серія дослідів була проведена при кращих температурних умовах для процесу коагуляції ($t = 3-4^{\circ}C$). Тому всі розглянуті нами показники були набагато кращими в порівнянні з попередніми. Наприклад, у ході звичайної коагуляції спостерігалася утворення горба осаду в середині моделі до 10 см.

Але при збільшенні навантаження в 1,5 рази відбувався винос зкоагульованих домішок з відстійника, осад не відкладався. При застосуванні активованого розчину в звичайному режимі максимальна висота горба була в середині відстійника (15 см), а зі збільшенням навантаження вона дещо знизилася – до 10 см, але нагромадження осаду відбувалося по всій довжині моделі.

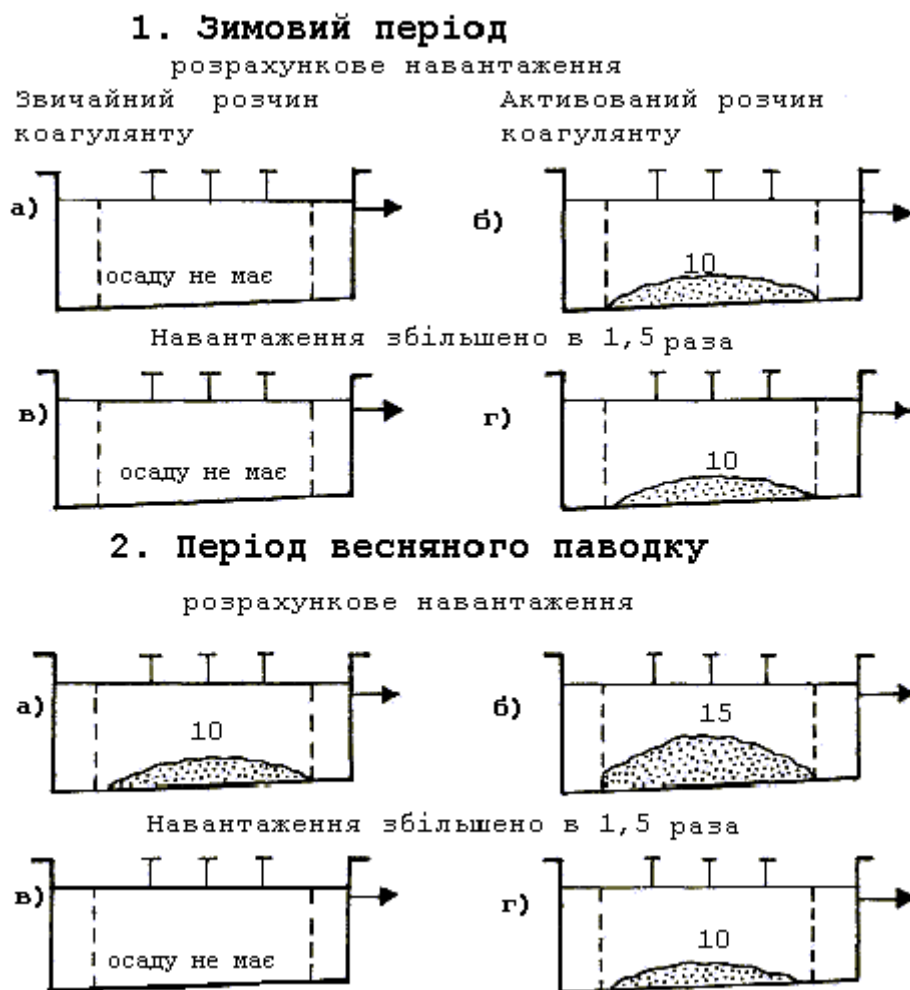


Рис.10.1 – Діаграма процесу прояснення води і нагромадження осаду на моделі відстійника в зимовий період (1) і період весняного паводку (2):

1 - $t = 0,6 - 0,9^{\circ}C$; $Al_2(SO_4)_3$ - 25-30 мг/дм³;
прозорість вихідної води по «хресту» 80-85 см;

2 - $t = 4,1 - 4,5^{\circ}C$; $Al_2(SO_4)_3$ - 70-75 мг/дм³;
прозорість вихідної води по «хресту» 45-50 см

Отже, висота осаду при обробці природної води активованим розчином коагулянту значно більша, ніж при звичайній коагуляції. Розподіл осаду і його модифікація за довжиною моделі трохи відрізняються один від одного. Основна маса зкоагульованої домішки активованим розчином випадала по 2/3 довжини відстійника, а розподіл осаду при звичайному коагулюванні проходив більш рівномірно за довжиною, що свідчить про позитивний вплив магнітно-електричної активації на процеси прояснення води в зимовий період.

Процеси прояснення і нагромадження осаду у виробничих умовах вивчали на очисних спорудах м. Краматорська, де джерелом водопостачання є канал Сів. Донець – Донбас. Рівномірність подачі води на кожний з відстійників контролювали витратомірами. Період нагромадження осаду залежав від сезону року: взимку – 20 днів, у весняний паводок – 15 днів. Кількість осаду, що випав, у відстійнику вимірювали скляною трубкою 30 мм; $l = 350$, що опускалася автоматично на дно відстійника. На трубку встановлювали чашки через кожні 10 см. Діаграми процесу прояснення води і нагромадження осаду показані на рис. 10.2. Робота горизонтальних відстійників у зимовий період характеризується слабким ефектом прояснення, що пояснюється низькою температурою води. Навіть при незначній каламутності вихідної води частина пластівців виноситься з відстійника. Максимальне нагромадження осаду спостерігається у середині відстійника і досягає 1,8 м, наприкінці – 0,55 м. При використанні активованого розчину робота відстійника помітно поліпшується: нагромадження осідання відбувається в першій його половині, максимальне значення на початку – 1,95 м, у центрі – 1,65 м, а наприкінці – 0,2 м. Якісні показники теж кращі: вміст суспензії знижується на 30%, а кольоровість - на 23%.

На основі проведених експериментів у лабораторних і виробничих умовах можна стверджувати, що при використанні активованого розчину коагулянту утворюються більш великі пластівці порівняно зі звичайною коагуляцією. Кількість суспензії, що випала в осад, у горизонтальному відстійнику значно збільшується, причому максимальна висота горба спостерігається в першій половині довжини відстійника. Таким чином, із застосуванням активованого роз-

чину $Al_2(SO_4)_3$ зростає навантаження на горизонтальний відстійник у процесі експлуатації.

Контрольні запитання

1. Від чого залежить швидкий розподіл гетерогенної системи?
2. Назвіть недоліки реагентних методів прояснення води.
3. Які переваги методу магнітно-електричної активації порівняно зі звичайним коагулюванням?
4. Який вплив іонного складу природних вод на кінетику осадження суспензій?
5. Наведіть фактори, що впливають на магнітно-електричну активацію розчинів реагентів.
6. Який вплив температури на процес осадження зкоагульованих суспензій?
7. Як відбувається нагромадження осаду в горизонтальних відстійниках при звичайній коагуляції та використанні активованого розчину $Al_2(SO_4)_3$?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
2. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання. – Рівне: РДТУ, 2001. – 429 с.
3. Куликов Н.И. , Найманов А.Я. и др. Теоретические основы очистки воды: Уч. пособие. – Макеевка: ДГАСА, 1999.-277с.
4. Насонкина Н.Г. Повышение экологической безопасности систем питьевого водоснабжения.– Макеевка: ДонНАСА, 2005.–181с.
5. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. т.1.–М.: Изд-во АСВ, 2003.– 496с.
6. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Очистка и кондиционирование природных вод. т.2.–М.: Изд-во АСВ, 2004.– 256с.
7. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Системы распределения и подачи воды. т.3.–М.: Изд-во АСВ, 2004.– 256с
8. Шпак А.П., Ульберг З.Р. Коллоидно-химические основы нанонауки.– К.: Академперіодика, 2005.–466с.
9. Вильсон Е.В. Теоретические основы очистки природных и сточных вод: Уч. пособие.– Ростов н/Д: РГСИ, 2000.–115с.
10. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. – К.: Вища школа, 1986. – 352 с.
11. Фейзиев Г.К. Высокоэффективные методы умягчения, опреснения и обессоливания воды. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 192 с.
12. Громогласов А.А., Копылов А.С. Водоподготовка: процессы и аппараты. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 272 с.
13. Кульский Л.А., Шевченко М.А. Методы улучшения запаха и вкуса питьевой воды. – М.: Изд-во коммун. х-ва, 1961. – 100 с.
14. Шевченко М.А., Марченко П.В. Окислители в технологии водообработки. – К.: Наук. думка, 1979. – 177 с.

15. Габович Р.Д., Николадзе Г.И. Фторирование и обесфторивание питьевой воды. – М.: Медицина, 1968. – 232 с.
16. Золотова Е.Ф., Асс Г.Ю. Очистка воды от железа, марганца, фтора и сероводорода. – М.: Стройиздат, 1975. – 176 с.
17. Смагин В.Н. Обработка воды методом электродиализа. – М.: Стройиздат, 1986. – 172 с.
18. Яковлев С.В., Краснобородько И.Г. Технология электрохимической очистки воды. – Л.: Стройиздат, 1987. – 312 с.
19. Горев Л.Н. та ін. Радіоактивність природних вод: Навч. посібник. – К.: Вища школа, 1993. – 174 с.
20. Кульский Л.А., Страхов Э.Б., Волошинова А.М. Технология водоочистки на атомных энергетических установках. – К.: Наукова думка, 1986. – 272с.
21. Руководство по химическому и технологическому анализу воды. – М.: Стройиздат, 1973 – 273 с.
22. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. – М.: Наука, 1977. – 365 с.
23. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – К, Наукова думка, 1980 – 564 с.
24. Кульский Л.А. Основы химии й технологии воды. – К., Наукова думка, 1991 – 568 с.
25. Миклашевский Н.В., Королькова С.В. Чистая вода. Системы очистки и бытовые фильтры. – С-Пб.: «Арлит», 2000. – 240 с.
26. Водний кодекс України: Офіц. видання. – К.: Вид. дім «Ін Юре», 2000.

ДОДАТКИ

Рекомендації щодо практичного застосування методів обробки води на основі використання класифікації Л.А. Кульського

Таблиця 1 – Методи видалення з води домішок першої групи

Процес	Рекомендований технологічний спосіб обробки води	Область застосування по забрудненнях, що видаляються	Використовувані реагенти і їх витрата на 1000 м ³ води, кг	Очисні споруди	Ступінь очищення
1	2	3	4	5	6
Механічний безреагентний поділ	Відстоювання	Низькодисперсні домішки >500 мг/дм ³ ; кольоровість до 50 град	---	Водозабірні ковші, відстійники	50 –70 %
	Фільтрування	Завислі речовини до 1500 мг/дм ³ ; кольоровість до 50 град	---	Повільні фільтри	90 – 99 % мікроорганізмів; за каламутністю до норм стандарту
		Завислі речовини до 1000 мг/дм ³ ; кольоровість до 50 град	---	Попередні фільтри	60 –80%
	Мікропроціджування	Планктон >1000 кл/м і завислі речовини	---	Мікрофільтри	70 –95%
	Центрифугування	Низько- і вискодисперсні домішки	---	Безперервно діючі центрифуги та гідроциклони	80 –90%
Адгезія на вискодисперсних та зернистих матеріалах	Фільтрування через наливний шар допоміжної речовини	Вискодисперсні завислі речовини заліза, марганцю при необхідності їх глибокого видалення	Діатоміт, трепіл, азбест, целюлоза, активоване вугілля та ін. 1 –60	Діатомітові та інші наливні фільтри	За каламутністю до нормативних стандартів
	Фільтрування зкоагульованих завислих речовин	Зкоагульовані завислі речовини після споруд першого ступеня ≤8 –15 мг/дм ³	Флокулянти: ПАА 0,05-0,10; АК 0,2 – 0,5 для інтенсифікації процесу	Швидкі двохшарові й грубозернисті фільтри, фільтри АКХ, багатшарові	За каламутністю до нормативних стандартів

Продовження табл.1

1	2	3	4	5	6
	через зернисті завантаження			фільтри та ін.	
Адгезія на вискодисперсних і зернистих матеріалах	Фільтрування з використанням явища контактної коагуляції	Завислі речовини до 120 мг/дм ³ ; кольоровість до 120 град	$Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ 27 –36; ПАА 0,2 – 0,6; АК 1 –3	Контактні прояснювачі, контактні фільтри	За каламутністю до нормативних стандартів
Адгезія на гідроксидах алюмінію або заліза на глинистих матеріалах	Фільтрування з використанням фільтрів-електролізерів	Завислі речовини органічної і мінеральної природи, в тому числі бактерії, спори, віруси	---	Фільтри з вмонтованими електродами	До норм, установлених стандартом
	Обробка коагулянтами з наступним видаленням завислих речовин	Вміст завислих речовин і кольоровість води не обмежені; патогенні, бактерії, спори	$Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ або $Fe_2(SO_4)_3$ 25 –80; електрохімічно одержувані $Al(OH)_3$ або $Fe(OH)_3$; реагенти для лугування (вапно, сода)	Установки для приготування і дозування реагентів, камери пластівцеутворення, електролізери з розчинним анодом, прояснювачі або відстійники, фільтри; контактні прояснювачі (каламутність води до 120 мг/дм ³)	До норм, установлених стандартом
	Обробка вискодисперсними глинистими мінералами з наступним відстоюванням і фільтруванням	Патогенні бактерії, спори та ін.	Мінерали (палігорскіт, монтморілоніт та ін.) 100 – 150	Установки для приготування і дозування суспензій глинистих мінералів, змішувачі, відстійники, фільтри	98,0 – 99,9%
Агрегація флокулянтами	Обробка коагулянтами	Вміст завислих речовин і кольоровість	$Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ або	Установки для приготування і дозування	До норм, установлених стандартом

Продовження табл.1

1	2	3	4	5	6
	з використанням флокулянтів із подальшим відстоюванням і фільтруванням	не обмежені; патогенні бактерії, спори	$Fe_2(SO_4)_3$ 25 –80; АК 0,2 –0,5 доза безводного коагулянту; ПАА 0,05 – 1,5	реагентів, змішувачі, камери пластівцеутворення, прояснювачі або відстійники, фільтри; прояснювачі й установки для приготування і дозування флокулянтів	
Флотація	Безреагентна флотація	Нафта і масла (50 –150 г/м ³)	Повітря (0,05-0,5 м ³ /м ³ води, що очищається)	Флотатори і апарати для диспергування повітря до пухирців d=15 –30 мкм	При вмісті нафти ≤10 –15 г/м ³ – 95%
	Флотація з використанням реагентів	Те ж при необхідності глибокого очищення	Те ж і добавка жирних спиртів 10, $Al_2(SO_4)_3$ або $FeCl_3$ 25 –50; АК 10	Те ж	95 –99%
Бактерицидний вплив на патогенні мікроорганізми	Обробка води окислювачами, хлорування	Бактеріальне забруднення	Cl_2 0,7 – 20 або ClO_2 1 –5	Склади хлору, хлоратори, змішувачі, контактні резервуари; апарати для одержання ClO_2	Одержання води стандартної якості
			$NaCl$ 10 –100	Склади $NaCl$, установки для електролітичного хлорування, змішувачі, контактні резервуари	Те ж
	Озонування	Те ж	O_3 0,75 – 3	Озонаторні установки з цехами підготовки повітря і пристроями для введення O_3 в оброблювану воду	Одержання води стандартної якості

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6
Бактерицидний вплив на патогенні мікроорганізми	Знезаражування і консервування води іонами Ag^+ та інших важких металів	Те ж при необхідності тривалого зберігання	Металеві Ag 0,05 – 0,5; Cu 1,0	Іонатори типу ЛК, резервуари для зберігання води	Одержання води стандартної якості
	Обробка води ультразвуком	Патогенні бактерії, спори та ін.	---	Ультразвукові установки	95%
	Обробка води ультрафіолетовими променями	Те ж при невеликому вмісті завислих речовин	---	Бактерицидні установки з лампами	98 – 99,9%

Таблиця 2 – Методи видалення з води домішок другої групи

Процес	Рекомендований технологічний спосіб обробки води	Область застосування по забрудненнях, що видаляються	Використовувані реагенти і їх витрата на 1000 м ³ води, кг	Очисні споруди	Ступінь очищення
1	2	3	4	5	6
Мембранний розподіл	Ультрафільтрація	Високомолекулярні, колоїдні домішки, віруси	---	Ультрафільтраційні установки	До 100%
Окислювання	Хлорування	Підвищений вміст у воді колоїдних і високомолекулярних сполук, що обумовлюють окислювальність і кольоровість води 35 – 200 град	Cl_2 5 – 20 ClO_2 1 – 5	Склади хлору, хлоратори, змішувачі, контактні резервуари; установки для одержання ClO_2	Вода стандартної якості
	Озонування	Те ж	O_3 1 – 20	Озонаторні установки з цехами підготовки повітря і апаратами для введення O_3 в оброблювану воду	Вода стандартної якості

Продовження табл.2

1	2	3	4	5	6
Адсорбція на гідроксидах алюмінію або заліза, а також на високодисперсних глинистих матеріалах	Коагуляція у вільному об'ємі, обробка води коагулянтами з подальшим видаленням зависі (див. табл.1, п.2 і 3)	Підвищений вміст у воді колоїдних і високомолекулярних речовин, що обумовлюють окислюваність і кольоровість води 35 – 20 град	$Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ 30 – 80; електрохімічно одержувані $Al(OH)_3$ або $Fe(OH)_3$; для луговання використовують вапно, соду або $NaOH$	Пристрої для приготування розчинів реагентів і їх дозування, електролізери з розчинним анодом, змішувачі, камери пластівцеутворення, відстійники або прояснювачі і фільтри	Вода стандартної якості
	Обробка води високодисперсними закаламучувачами і коагулянтами	Те ж при низькій температурі і малій каламутності води; при високому забрудненні води вірусами	Те ж і добавки бентоніту, палігорскиту (50 – 200) та інших глинистих мінералів	Ті ж апарати для обробки води закаламучувачами	Вода стандартної якості
	Контактна коагуляція	Колоїдні й високомолекулярні речовини, що обумовлюють кольоровість води 35 – 120 град при малій каламутності води	$Al_2(SO_4)_3$ 27 – 36; ПАА 0,2 – 0,6 або АК 1 – 3	Змішувачі, контактні прояснювачі або контактні фільтри	Вода стандартної якості
Агрегація флокулянтами катіонного типу	Обробка води катіонними флокулянтами	Те ж	Високомолекулярні поліелектроліти катіонного типу: ВА-2, ВА-3 і ін. (2 – 15)	Апарат для приготування розчинів і їх дозування, змішувачі, камери пластівцеутворення	Вода стандартної якості
Віруліцидний вплив	Обробка води окислювачами, хлорування	Забруднення води вірусами	Cl_2 5 – 20 або ClO_2 1 – 10	Склади хлору, хлоратори, змішувачі, контактні резервуари; установки для одержання ClO_2	Вода стандартної якості

Продовження табл.2

1	2	3	4	5	6
Віруліцидний вплив			$NaCl$ 10 – 100	Склади $NaCl$, установок для електролітичного хлорування, змішувачі, контактні резервуари	Вода стандартної якості
	Озонування	Забруднення води вірусами	O_3 1 – 3	Озонаторні установки з цехами підготовки повітря і пристроями для введення O_3 в оброблювану воду	
	Знезараження і консервування води іонами срібла та інших важких металів	Забруднення води вірусами при невеликому вмісті зависі і тривалому збереженні води	Металеві Ag 0,05 – 0,5; Cu 0,2 – 1,0	Іонатори типу ЛК, резервуари для збереження води	
	Обробка води ультразвуком	Забруднення води вірусами	---	Ультразвукові установки	95%
	Обробка води ультрафіолетовими променями	Забруднення води вірусами при невеликому вмісті	---	Бактерицидні установки з лампами	98 – 99,9%

Таблиця 3 – Методи видалення з води домішок третьої групи

Процес	Рекомендований технологічний спосіб обробки води	Область застосування по забрудненнях, що видаляються	Використовувані реагенти і їх витрата на 1000 м ³ води, кг	Очисні споруди	Ступінь очищення
1	2	3	4	5	6
Десорбція газів і летких органічних сполук	Аерування	Гази і леткі органічні сполуки, що додають воді неприємні присмаки й запахи		Бризкальні басейни, аератори і дегазатори різних типів	CO_2 65- 80%; H_2S 0,3 – 0,5 мг/дм ³

Продовження табл.3

1	2	3	4	5	6
Окислювання	Хлорування	H_2S 0,3 – 0,5 мг/дм ³ ; доочищення після аерування; нелетучі органічні сполуки, що додають воді неприємні запахи й присмаки	На 1 кг H_2S при окислюванні до S витрачається 2,1 кг Cl_2 , а до сульфатів – 8,4 кг Cl_2 ; на окислювання 1 кг α -крезолу або 1 кг фенолу витрачається 1,5 – 10,0 Cl_2 ; 0,5 – 1,2 ClO_2	Хлоратори, змішувачі, установки для одержання і дозування ClO_2	Відсутність H_2S , зменшення вмісту органічних сполук
	Озонування	Для видалення присмаків і запахів при незнадто забруднених водах і малій ефективності хлорування та вуглювання	O_3 2 – 4	Озонаторні установки, змішувачі O_3 з водою	Залежно від природи забруднень, що видаляються
	Обробка води $KMnO_4$	Видалення присмаків і запахів при незначному забрудненні	$KMnO_4$ 2 – 10	Установки для приготування і дозування розчину $KMnO_4$	Залежно від природи забруднень, що видаляються
Електроліз	Електрообробка води	Для видалення O_2	1 кг Al при одночасному проясненні і знебарвленні води	Установка для електрохімічної очистки води	80 – 95%
Адсорбція активованим вугіллям	Вуглювання	Неприємні запахи й присмаки природного походження, а також внесені із стічними водами	Вугілля марок БАУ, АГ-3, ОУ сухий, АГ-М, пилоподібний 5 – 20	Установки для готування, дозування і змішання з водою вугільної суспензії	80 – 95%
	Очистка води на вугільних фільтрах і в адсорберах з завислою середовищем	Присмаки і запахи; ароматичні органічні речовини	Вугілля гранульоване; для регенерації фільтрів використовують $NaOH$ або проводять парогазову регенерацію в завислому	Вугільні фільтри, пристрої для приготування регенераційних розчинів; адсорбери із завислим середовищем; печі	80 – 95%

Продовження табл.3

1	2	3	4	5	6
			контактному середовищі	для активування і регенерації вугілля	
Екстракція органічними розчинами	Знефенолювання	Наявність у стічній воді фенолів	Бутилацетат, етилацетат, бензол та ін.	Екстракційні установки	80 – 95%
Евапорація	Пароциркуляційний метод	Наявність у стічній воді фенолів	Пара	Установки для розгонки	80 – 95%
	Азеотропний відгін	Наявність у стічній воді фенолів	Пара	Установки для розгонки	80 – 95%
Біохімічний розпад	Аеробне розкладання мікроорганізмами	Забруднення стічних вод	Активний мул, біоплівки, повітря	Аеротенки, біофільтри, відстійники	90 – 98%
	Анаеробне розкладання мікроорганізмами	Концентровані стічні води, осадження	Анаеробні мікроорганізми	Метантенки та ін.	90 – 98%

Таблиця 4 – Методи видалення з води домішків четвертої групи

Процес	Рекомендований технологічний спосіб обробки води	Область застосування по вилученню домішків	Використовувані реагенти і їх витрата на 1000 м ³ води, кг	Очисні споруди	Ступінь очищення
1	2	3	4	5	6
Розподіл води та іонів мембранними методами	Зворотний осмос	Загальний солеміст 3 – 35 г/дм ³	5 – 10 кВт/год на 1 м ³	Установки з напівпроникними мембранами	90 – 99%
Переведення іонів у малодисоційовані сполуки. <i>Нейтралізація</i>	Підлогування або підкислення	Підвищена кислотність або лужність води (6,5 < pH < 9)	На 1 кг-екв видаленої кислотності або лужності один з реагентів <i>CaO</i> (28), <i>Na₂CO₃</i> (53), <i>NaOH</i> (40), <i>H₂SO₄</i> (49), <i>HCl</i> (36,5), <i>CO₂</i> (44) кг	Установки для готування, дозування розчинів реагентів, змішувачі	До необхідної величини

Продовження табл.4

1	2	3	4	5	6
Утворення комплексних іонів	Стабілізація	Індекс насичення води $I > 0$	Один з реагентів: гексаметафосфат натрію, триполіфосфат натрію, тринатрійфосфат (2 – 4 при $I > 0,5$; 10-20 при $I > 0$); гумати натрію (15 торфу і 0,7 їдконого натру)	Установки для приготування, дозування розчинів реагентів, змішувачі	Запобігання накипу і корозії
Утворення малорозчинних солей	Зм'якшення термічне	Жорсткість з перевагою $Ca(HCO_3)_2$, некарбонатна тільки у вигляді гіпсу; каламутність 50 мг/дм ³	----	Термопом'якшувачі (системи Коп'єва та ін.)	Карбонатна жорсткість до 0,035 мг-екв/дм ³
Утворення малорозчинних солей	Зм'якшення вапняно-содове	Жорсткість 5 – 30 мг-екв/дм ³ , мутність до 50 мг/дм ³	Na_2CO_3 (53 кг на 1 кг-екв некарбонатної жорсткості), CaO (28 кг на 1 кг-екв карбонатної жорсткості)	Змішувачі, вихрові реактори, установки типу «Струя», прояснювачі і відстійники спеціальних конструкцій	До 0,5 – 1,0 мг-екв/дм ³
	Зм'якшення фосфатне	Після зм'якшення води до 2 мг-екв/дм ³	Тринатрійфосфат, динатрійфосфат (до 126,5 кг на 1 кг-екв жорсткості)	Те ж	До 0,04 – 0,05 мг-екв/дм ³
	Видалення кольорових і важких металів, а також магнієвої жорсткості	Вміст іонів металів вище норм, припустимих для стічних вод; пом'якшення води, що містить значну кількість магнію	CaO - 28; $NaOH$ - 40 кг на 1кг-екв іонів	Установки для приготування і дозування розчинів реагентів, змішувачі, відстійники або прояснювачі, фільтр-преси	В межах розчинності гідроксидів
	Знекремнювання	Підвищений для котлової води вміст H_2SiO_3	Каустичний магнезит, магнезійний сорбент (10 – 15 кг на 1 кг SiO_2)	Прояснювачі, фільтри	До 1,0 – 1,5; 0,5 – 0,1 мг/дм ³

Продовження табл.4

1	2	3	4	5	6
Окислювання металів з низькими ступенями окислювання з утворенням гідроксидів	Обеззалізення і видалення марганцю, аерування або хлорування	$Fe(HCO_3)_2$ до 25 мг/дм ³ ; лужність до 2 мг-екв/дм ³ ; окислюваність до 6 мг/дм ³ O_2 ; підвищений вміст Mn	0,7 кг Cl_2 на 1 кг $Fe(II)$	Бризкальні басейни, градирні, контактні резервуари, прояснювальні і контактні фільтри	0,1 – 0,3 мг/дм ³ Fe ; 0,1 – 0,2 мг/дм ³ Mn
Фіксація іонів на твердій фазі сорбентів	Окислювання на каталізаторах	Те ж	----	Фільтри з піщаним завантаженням, покриті оксидами марганцю або продуктами окислювання заліза (II)	0,1 – 0,3 мг/дм ³ Fe ; 0,1 – 0,2 мг/дм ³ Mn
$H - Na$ - катіонування	Зм'якшення	Жорсткість до 15 мг-екв/дм ³ , зависі до 5 – 8 мг/дм ³ (при використанні нерухомого шару катіоніту)	Сульфовугілля сорту «крупний», КУ-1, КУ-2, КБ-4; для регенерації використовується $NaCl$ (120 – 400); H_2SO_4 (72); HCl (56) кг на 1 кг-екв солей вилученої жорсткості	Катіонітові фільтри, адсорбери з завислим шаром катіоніту, установки для приготування і дозування регенераційних розчинів	0,01 – 0,05 мг-екв/дм ³
$H - Na$ - катіонування	Вилучення іонів кольорових металів	Вміст іонів металів вище норм для очищених стічних вод	Те ж, на 1 кг-екв металу, що вилучається	Те ж	0,01 – 0,05 мг-екв/дм ³
$H - OH$ - іонування	Опріснення	Загальний солевміст 1,5 – 2 г/дм ³ , вміст зависі до 8 мг/дм ³ , кольоровість до 30 град	Катіонітовий сульфовугілля, КУ-1, КУ-2, КБ-4; для регенерації використовується H_2SO_4 (72); HCl (56) кг на 1 кг-екв солей вилученої жорсткості	Іонообмінні фільтри, дегазатори, установки для приготування і дозування регенераційних розчинів	75 – 90% (до солевмісту 20 мг/дм ³)

Продовження табл.4

1	2	3	4	5	6
	Знесолення	Те ж	Аніоніти АН-2Ф, ЭДЭ-10П, АВ-17, АВ-16; для регенерації використовується $NaOH$ (80); Na_2SO_4 (90–120) $NaHCO_3$ (140 – 170) кг на 1 кг-екв вилучених аніонів	Те ж	99,5 – 99,9% (до солевмісту 1 – 0,1 мг/дм ³)
Видалення іонів	Знефторювання	Вміст іонів фтору більш 1,5 мг/дм ³	Вміст іонів фтору більш 1,5 мг/дм ³ для регенерації сорбенту	Фільтри, завантажені активованим Al_2O_3	Фільтри, завантажені
Сепарація іонів при зміні фазового стану води переведення у газоподібний стан	Дистиляція	Загальний солевміст 20 – 35 г/дм ³	Пар, паливо	Випарники різних типів, термокомпресорні агрегати, геліоопріснювачі, двоцільові атомні установки	99,9% (до солевмісту 20 – 50 мг/л)
перерозподіл іонів у рідинах, що не змішуються переведення води у тверду фазу	Екстракція	Солевміст 2 – 10 г/дм ³ , відсутність солей кальцію і магнію	Вторинні і третинні аміни (2 – 4)	Екстракційні і ректифікаційні колони	95 – 99%
	Опріснення виморжуванням	Солевміст до 35 г/дм ³	Різні холодоагенти, природний холод	Установки з використанням штучного холоду, площа для виморожування	92 – 97%
	Газогідрат-не опріснення	Те ж	Вуглеводи з числом атомів вуглецю 1 – 4, фреони й ін;	Газогідратні установки, що включають реактор, гідратообразувач і вузол плавлення гідратів	До 99%
Міграція іонів в електричному полі	Електродіаліз	Загальний солевміст 1,5 – 7 г/дм ³ , мутність до 1,5 мг/дм ³ , вміст заліза до 0,05 мг/дм ³	---	Установки для електрохімічного знесолення	500 – 1000 мг/дм ³

Продовження табл.4

1	2	3	4	5	6
	Електрооб-робка	Для частково-го і глибокого знезалізення води	0,1 – 0,2 кг <i>Al</i> на 1 кг <i>Fe</i> при частковому і 0,5 кг <i>Al</i> на 1 кг <i>Fe</i> при повному знезалізенні води	Установки для електрохімічного очищення води	80 –90%
	Електрохімічне знекремнювання	Для попередньої підготовки води перед її знесоленні	0,25 – 0,50 кг <i>Al</i> на 1 кг SiO_3^{2-}	---	---

Характеристика реагентів, що використовують для обробки води

Реагент, ГОСТ	Зовнішній вигляд	Формула та %-ний вміст основної діючої речовини	Питома вага, т/м ³	Вид поставки	Призначення
1	2	3	4	5	6
Алюміній сірчаноокислий технічний неочищений (сульфат алюмінію) ГОСТ 51 55–74	Білі або сірі з зеленуватим відтінком гранули, брикети, куски невизначеної форми	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ $Al_2(SO_4)_3$ не менше 30,2%	1,6	Насипом в кусковому вигляді самоскидом або в ретельно очищених закритих залізнодорожних вагонах	Прискорення процесу випадіння завислих речовин, що знаходяться у воді. Використовують для очистки води, в виробництві паперу та картону.
Алюміній сірчаноокислий технічний очищений (сульфат алюмінію, гідрат) ГОСТ 12966–75	Білі з сіруватим, голубуватим або розовуватим відтінком гранули, брикети, крупні куски масою не більше 10 кг	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ $Al_2(SO_4)_3$ не менше	1,62	Насипом в кусковому вигляді самоскидом або в ретельно очищених закритих залізнодорожних вагонах	Прискорення процесу випадіння завислих речовин, що знаходяться у воді. Використовують для очистки води, в виробництві паперу та картону, в текстильній та шкіряній промисловості.
сорт екстра		46,88%			
сорт А		45,3%			
сорт В		45,3%			
сорт С		45,3%			
Залізний купорос технічний (сульфат заліза (II), гідрат) ГОСТ 6981–75	Кришталіки зеленувато-голубоватого кольору різних розмірів	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ $FeSO_4$ не менше	1,89	В дерев'яних бочках до 120 кг, в фанерних барабанах або в дерев'яних ящиках до 80 кг. По згоді зі споживачем допускається відгрузка насипом у чисті закриті залізнодорожні вагони та в автомашини без упакування в тару	Прискорення процесу випадіння завислих речовин, що знаходяться у воді.
марка А		53%			
марка Б		47%			

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6
Залізо хлорне (хлорид заліза (III)) ГОСТ 11159–65	Кришталіки фіолетового кольору з темно зеленим відтінком, надто гігроскопічний	$FeCl_3$ не менше	2,8	В сталіних барабанах з товщиною стінок 1–3 мм місткістю 75–100 л, покриті лаком етиноль всередині і бітумним лаком ззовні	Прискорення процесу випадіння завислих речовин, що знаходяться у воді.
I-ий сорт		97%			
II-ий сорт		95%			
Скло натрієве рідке (силікат натрію) ГОСТ 13078–67	Густа рідина жовтого або сірого кольору без механічних включень, що видно неозброєним оком	$Na_2O \cdot nSiO_2$	1,43	Залізні бочки місткістю 250 л	Для інтенсифікації процесу пластівцеутворення при коагулюванні.
содове		SiO_2 31–33%			
содово-сульфатне		SiO_2 28,5%-29,5%			
Поліакриламід технічний АМФ СТУ 12–02–21–64	Желеподібна маса від голубого до жовтого кольору	7–8% активної частини	–	Поліетиленові мішки або сталіні барабани	Для інтенсифікації процесу пластівцеутворення при коагулюванні.
Гашене і негашене повітряне вапно (гідроксид і оксид кальцію) ГОСТ 9179–70		$Ca(OH)_2; CaO$	2,08		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Підлогування води. ▪ Усунення карбонатної і магнезійної жорсткості води ▪ Стабілізаційна обробка води.
Негашене комове (кипілька)		$CaO + MgO$ не менше		Вапно негашене комове поставляють насипом або в контейнерах	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Підлогування води. ▪ Усунення карбонатної і магнезійної жорсткості води ▪ Стабілізаційна обробка води.
I-ий сорт		90%			
II-ий сорт		80%			
III -й сорт		70%			
Негашене молоте				Вапно негашене молоте поставляють в цементовозах, контейнерах і паперових бітумірованих мішках із крафтцелюлози	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Підлогування води. ▪ Усунення карбонатної і магнезійної жорсткості води ▪ Стабілізаційна обробка води.
I-ий сорт		90%			
II-ий сорт		80%			
III -й сорт		70%			

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6
Гашене гідратне вапно (пушонка)				Гашене гідратне вапно поставляють в цементовозах, контейнерах, непросочених мішках із крафтцелюлози	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Підлугування води. ▪ Усунення карбонатної і магнезійної жорсткості води. ▪ Стабілізаційна обробка води.
I-ий сорт		67%			
II-ий сорт		60%			
Сода кальцинована синтетична ГОСТ 5100–73	Дрібний білий кристалічний порошок	Na_2CO_3	2,53	В паперових мішках місткістю 50 кг	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Підлужування води. ▪ Усунення некарбонатної жорсткості води.
Хлорне вапно ГОСТ 1692–58	Білий порошкоподібний продукт	$CaCl_2$ активного хлору не менше 35%	–	В дерев'яних бочках місткістю від 50 до 275 л або фанерних барабанах місткістю 100 л	Обеззаражування води.
Хлор рідкий ГОСТ 6718–68	Рідина янтарного кольору	Cl_2 не менше 99,6%	0,003214	В спеціальних залізнодорожних цистернах, контейнерах-бочках (місткістю 400, 800, 1000 л) і балонах	Обеззаражування води.
Гіпохлорит кальцію ТУ УНХВ 30–79	Білий кристалічний порошок з легким запахом хлору	$3Ca(ClO)_2 \cdot 2Ca(OH)_2 \cdot 2H_2O$ активного хлору не менше 52%		В оцинкованих барабанах місткістю 25, 33, 50, покритих всередині шаром оліфи	Обеззаражування води.
Гіпохлорит натрію ГОСТ 11086–64	Прозора зеленувато-жовта рідина, яка не містить осаду і завислих речовин	$NaClO$		В гумірованих цистернах або покритих вінілпластом контейнерах	Обеззаражування води.
Аміак рідкий синтетичний ГОСТ 6221–75 сорт Б	Прозора рідина з різким запахом	NH_3 не менше 99,6%	0,000771	В спеціальних залізнодорожних цистернах або сталевих балонах під тиском 30–3,5 МПа	Усунення присмаків та запахів.
Тіосульфат натрію (гіпосульфит) ГОСТ 4215–66 I-ий сорт	Безбарвні розсіпчасті кришталіки	$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ $Na_2S_2O_3$ не менше 98,5%	1,69	В дерев'яних бочках місткістю 50–200 кг або фанерних барабанах до 75 кг	Дехлорування води.

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6
Мідний купорос (сульфат міді, гідрат) ГОСТ 2142–58 I-ий сорт	Кришталіки синього кольору	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ не менше 98%	3,58	В дерев'яних бочках, ящиках або фанерних барабанах (50–150 кг)	Для знищення мікрофлори і водоростей (в водоймищах).
Їдкий натрій (сода каустична) ГОСТ 2263–59	Прозора або з невеликою каламутністю рідина	$NaOH$	2,13		<ul style="list-style-type: none"> Пом'якшення води Підлужування води Регенерація аніонітових фільтрів.
Сірчана кислота технічна ГОСТ 2184–67	Масляниста рідина жовтуватого-бурого кольору	H_2SO_4	1,84	В сталених залізнодорожних сірчаноокислотних цистернах	<ul style="list-style-type: none"> Регенерація H-катіонітових фільтрів. Підкислювання води.
Соляна кислота технічна ГОСТ 1382–69	Прозора рідина жовтуватого кольору	HCl	0,00164	В сталених гумірованих цистернах і бочках, в поліетиленових каністрах, в скляних бутелях місткістю не більше 40 л	Стабілізація води.
Сіль кухонна ГОСТ 13830–68	Кришталіки біло-прозорого кольору	$NaCl$	2,16		Регенерація Na -катіонітових фільтрів.
Тринатрійфосфат технічний (ортофосфат натрію) ГОСТ 201–76	Біла кристалічна маса з жовтуватим або розовуватим відтінком	$Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ або $Na_3PO_4 \cdot H_2O$	1,62	В паперових або поліетиленових мішках (35–40 кг)	Глибоке пом'якшення води перед котловими установками.
Натрій кремнійфтористий (гексафторсилікат натрію) ГОСТ 87–66	Кристалічний порошок білого кольору (допускається сірий або жовтий відтінок)	Na_2SiF_6 не менше	2,67	В фанерних барабанах або дерев'яних бочках місткістю 40–50 л, всередині вимощені крафт-папером	Фторування води.
Вищий сорт		98%			
I-ий сорт		95%			
II-ий сорт		93%			

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6
Натрій фтористий технічний (фторид нарію) ГОСТ 2871–75	Порошок білого або сірого кольору	NaF не менше		В сталених барабанах місткістю до 100 л, поліетиленові мішки, вкладені в паперові мішки, багатошарові паперові бітуміровані мішки до 50 кг	Фторування води.
I-ий сорт		95%			
II-ий сорт		80%			
Калій марганцевокислий (перманганат калію) ГОСТ 5777–71	Темно-фіолетові кришталіки з синювато-сталеним блиском	$KMnO_4$ не менше		В сталених барабанах до 60 кг і в сталених банках до 25 кг	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Зниження окислюваності води. ▪ Усунення присмаків та запахів води.
I-ий сорт		99%			
II-ий сорт		98%			
Ангідрид сірчаний рідкий технічний (оксид сірки (IV)) ГОСТ 2918–72	Безкольорова або з жовтуватим відтінком рідина з різким запахом	SO_2	0,002927	В спеціальних сталених балонах або залізнодорожних цистернах	Дехлорування води.
Активне вугілля БАВ ГОСТ 6217–74	Зернистий продукт чорного кольору	—	0,19	В поліетиленових або паперових мішках	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Дехлорування води. ▪ Видалення H_2S із газів. ▪ Усунення присмаків та запахів. ▪ Пом'якшення води.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Технологія очищення природних вод (для студентів за напрямом підготовки 0926 – „Водні ресурси“)

Навчальний посібник

Автор: *Леся Василівна Крамаренко*

Редактор: М.З. Аляб'єв

Коректор: З.І. Зайцева

План 2008, поз.75 Н

Підп. до друку 02.01.2008р.	Формат 60х84 1/16	Папір офісний.
Друк на ризографі.	Умовн.-друк. арк. 7,0	Обл.- вид. арк. 7,5
Зам. №	Тираж 500 прим.	

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ
61002, Харків, вул. Революції, 12